

Deckblatt



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 1
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Titel der Unterlage:

Konzeptplanung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm

Ersteller/Unterschrift:

Arbeitsgemeinschaft Konzeptplanung Rückholung

Prüfer/Unterschrift:

Stempelfeld:

UVST:

16. Juni 2021

Datum und Unterschrift

bergrechtlich
verantwortliche Person:
13. JULI 2021

Datum und Unterschrift

atomrechtlich
verantwortliche Person:
13. JULI 2021

Datum und Unterschrift

Bereichsleitung:
12.1. JULI 2021

Datum und Unterschrift

Freigabe zur Abfertigung:
12.1. JULI 2021

Datum und Unterschrift

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der BGE.



Stand: 11.12.2020

Blatt: 1

DECKBLATT

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	23510000	RRA			BB	BY	0004	00

Kurztitel der Unterlage:

Konzeptplanung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm

Ersteller / Unterschrift:

Arbeitsgemeinschaft Konzeptplanung Rückholung

Prüfer / Unterschrift:

Titel der Unterlage:

Konzeptplanung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm

Freigabevermerk:

Freigabedurchlauf

Fachbereich: ASE-RH Datum: 28. JUNI 2021 Name: _____ _____ Unterschrift	Stabsstelle Qualitätssicherung: Datum: 02. JULI 2021 Name: _____ _____ Unterschrift	Endfreigabe: Bereichsleitung ASE Datum: 12. JULI 2021 Name: _____ _____ Unterschrift
---	--	--

REVISIONSBLATT

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	23510000	RRA			BB	BY	0004	00

Kurztitel der Unterlage:

 Konzeptplanung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle Arbeitspaket 11b:
 Erkundungsprogramm

Rev	Revisionsstand Datum	Verantwortl. Stelle	revidierte Blätter	Kat. *)	Erläuterung der Revision
00	11.12.2020	ASE-RH.2		-	Ersterstellung

 *) Kategorie R = redaktionelle Korrektur, Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung, Kategorie S = substantielle Änderung.
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.		 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAA	AA	NNNN	NN		
9A	23510000	RRA			BB	BY	0004	00		
Konzeptplanung Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm										Blatt: 3

Inhaltsverzeichnis

Blatt

Deckblatt..... 1
 Revisionsblatt 2a
 Inhaltsverzeichnis 3

Fremddokumentation

Konzeptplanung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle Arbeitspaket 11b:
 Erkundungsprogramm 117

Anzahl der Blätter dieses Dokumentes 120

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm						 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 1 von 117
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle

Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm

Auftragnehmer

Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“ („Arge KR“)

bestehend aus

Uniper Anlagenservice GmbH,

Redpath Deilmann GmbH,

ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH,

TÜV Rheinland Industrie Service GmbH.

Gelsenkirchen, 11.12.2020

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 2 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Impressum:

Auftraggeber: Bundes-Gesellschaft für Endlagerung
Eschenstraße 55
31224 Peine

Telefon: 05171 43-0
Fax: 05171 43-1218
E-Mail: poststelle@bge.de
Internet: www.bge.de

Ersteller:

Arge KR, c/o Uniper Anlagenservice GmbH
Internet: <https://anlagenservice.uniper.energy>

Der Bericht wurde im Auftrag der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) erstellt. Die BGE behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung der BGE zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 3 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Revisionsblatt:

Rev.	Rev.- Stand (Datum)	revidierte Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
 Kategorie S = substantielle Revision
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 4 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Kurzfassung

Verfasser: Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“ („Arge KR“)

Titel: Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle

Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm

Stand: 11.12.2020

Ziel des vorliegenden Berichts zum AP11b (Erkundungsprogramm) ist die Darlegung eines grundsätzlichen Konzeptes zur Erhebung über bereits vorliegende Daten hinausgehender und für die weitere Planung und Genehmigung der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den ELK der 750-m-Sohle zu verwendender Daten. Der genaue Umfang und die zeitliche Einordnung der Erkundungen sind nachfolgend insbesondere in Abhängigkeit von der Genehmigungsstrategie der Rückholung, der Zugänglichkeit der zu erkundenden Bereiche und der Abwägung von Aufwand und Nutzen der Erkundung mit fortschreitender Planungstiefe der Rückholungsplanung zu bestimmen.

Für das geowissenschaftliche und bergbauliche Erkundungsprogramm wurde eine generelle Übersicht über den letzten dokumentierten Stand der jeweiligen ELK auf der 750-m-Sohle u. a. zu Kenntnissen über Geologie, Hydrogeologie, den Dimensionierungen und den ehemaligen Zugänglichkeiten den jeweiligen Ausführungen vorangestellt. Die Qualität der vorliegenden Informationen aus Sicht der Rückholungsplanung wurde eingeschätzt, Themenschwerpunkte für die weitere Datenerhebung abgeleitet und ein Erkundungsprogramm für durchzuführende Tätigkeiten der weiteren Datenerhebung erstellt. Dieses umfasst die Kombination verschiedener Verfahren, mit denen geologische und hydrogeologische, gebirgsmechanische und ELK-spezifische Parameter erhoben werden können.

Im radiologischen Erkundungsprogramm wird u. a. zur Datenbasis, zu den Kernbrennstoffinventaren, zur radiologischen Situation des Salzversatzes und des Salzgesteins im sonstigen Grubenraum, zur Aktivitätskonzentration der Einlagerungskammeratmosphäre sowie weitergehend zur radiologischen Erkundung von Bohrungen im Nahbereich der Einlagerungskammern und zu Voraussetzungen bzgl. des Langzeitsicherheitsnachweises Stellung genommen. Diese Themenkomplexe werden dahingehend erläutert, dass ausgehend vom jeweiligen Ist-Stand der Erkundungsbedarf anhand identifizierter offener Punkte beschrieben wird. Anschließend werden mögliche Erkundungsmaßnahmen abgeleitet, um weitere Erkenntnisgewinne generieren zu können.

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 5 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	4
Inhaltsverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
Anlagenverzeichnis	10
Anhangsverzeichnis	11
Abkürzungsverzeichnis	12
1 Einleitung	13
2 Erkundung aus Sicht der Rückholungsplanung	16
2.1 Datengrundlage und Zielstellung weiterer Datenerhebung	16
2.2 Zeitliche Einordnung der Datenerhebung	19
3 Geowissenschaftlicher und bergbaulicher Teil	21
3.1 Sachstand aus Sicht der Rückholungsplanung	21
3.1.1 Übersicht über den letzten dokumentierten Stand der ELK auf der 750-m-Sohle	21
3.1.1.1 Geologie, Hydrogeologie und Salzlösungsvorkommen	21
3.1.1.2 Gebirgsmechanik	23
3.1.1.3 ELK-Informationen	28
3.1.2 Zusammenfassung der Ergebnisse der Faktenerhebung	35
3.1.2.1 Zielstellung und durchgeführte Untersuchungen der Faktenerhebung	35
3.1.2.2 Ergebnisse der Faktenerhebung	37
3.1.3 Einschätzung des Nutzens der vorliegenden Informationen aus Sicht der Rückholungsplanung	39
3.1.4 Rückschlüsse zu Themenschwerpunkten für zukünftige Erkundung	40
3.2 In der SchachtanlageASSE II derzeit angewandte Erkundungs- und Monitoringverfahren	49
3.2.1 In der SchachtanlageASSE II derzeit angewandte Erkundungsverfahren im Überblick	50
3.2.2 In der SchachtanlageASSE II derzeit angewandte Monitoringverfahren im Überblick	55
3.2.3 Anwendbarkeit der Erkundungsverfahren zur Erfüllung der spezifischen Erkundungsbedarfe	58
3.3 Konzept des geowissenschaftlichen und bergbaulichen Erkundungs- und Datenerhebungsprogramms	62
4 Radiologischer Teil	67
4.1 Übersicht	67
4.2 Einlagerungskammerinventare	69
4.2.1 Ist-Stand	69

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 6 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

4.2.2	Erkundungsbedarf	70
4.2.3	Erkundungsprogramm	72
4.3	Radiologischer Zustand der aufzufahrenden Bereiche des Grubenraums	73
4.3.1	Ist-Stand	73
4.3.2	Erkundungsbedarf	77
4.3.3	Erkundungsprogramm	78
4.4	Kammeratmosphäre	79
4.4.1	Ist-Stand	79
4.4.2	Erkundungsbedarf	79
4.4.3	Erkundungsprogramm	80
4.5	Radiologische Erkundungen von Bohrungen im Nahbereich der Einlagerungskammern	82
4.5.1	Ist-Stand	82
4.5.2	Erkundungsbedarf	82
4.5.3	Erkundungsprogramm	83
4.6	Verbleibende Restkontamination und Langzeitsicherheitsnachweis	84
4.6.1	Ist-Stand	84
4.6.2	Erkundungsbedarf	84
4.6.3	Erkundungsprogramm	85
4.7	Zusammenfassung der Maßnahmen und eine Bewertung des Erfordernisses	86
5	Zusammenfassung	89
	Literaturverzeichnis	91
	Glossar	102
	Anhang	104

Gesamtseitenzahl: 117

Stichworte: Geowissenschaftlich, radiologisch, Erkundungsbedarf, Erkundungsmaßnahme

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 7 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lage von Salzlösungssammelstellen in einem besonders betroffenen Bereich der 750-m-Sohle /42/	22
Abbildung 2:	Lage der Spannungsmonitorstationen im Grubengebäude /42/	24
Abbildung 3:	Lage der Extensometer- und Inklinometermessstellen sowie Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten für den Zeitraum 6/2018 bis 6/2019 in mm/a im Grubengebäude /42/	25
Abbildung 4:	Lage der Konvergenzmessstellen im Grubengebäude /42/	26
Abbildung 5:	Mikroseismizität im Bereich der 700- bis 775-m-Sohle im Grubengebäude /42/	27
Abbildung 6:	Geplante Lage und Bohrungstypen beim Schritt 1 der Faktenerhebung für die ELK 7/750 und Lage der Erkundungsbohrungen A1 und A3 im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der ELK 7/750 (nach /38/); Die jeweiligen Bohrungstypen können im Einzelfall auch als horizontaler bzw. vertikaler Bohrfächer ausgeführt worden sein (s. auch Anhang 2)	36
Abbildung 7:	Beispiel einer generellen Vorgehensweise zur untertägigen Erhebung geologischer und hydrogeologischer Daten (hier: ohne Berücksichtigung einer Parallelisierung bzw. Ergänzung gebirgsmechanischer Untersuchungen)	64
Abbildung 8:	Beispiel einer Vorgehensweise zur Erhebung gebirgsmechanisch relevanter Daten (hier: ohne Berücksichtigung der Parallelisierung bzw. Ergänzung (hydro-)geologischer und weiterer Untersuchungen)	65
Abbildung 9:	Beispiel einer generellen Vorgehensweise zur untertägigen Erfassung von ELK-Informationen (hier: ohne Berücksichtigung einer Parallelisierung bzw. Ergänzung gebirgsmechanischer Untersuchungen)	66
Abbildung 10:	Gesamtgebäudeanzahl und prozentualer Anteil von Nulleinträgen pro Einlagerungskammer gem. Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010	70
Abbildung 11:	Ausweisung möglicher Verdachtsflächen (Gelb), Bereiche voraussichtlich relevanter Kontaminationen (Rot), Bereiche mit nicht zu besorgender Kontamination (Grün) sowie Fassstellen von Zutrittswässern auf Basis der Unterlage /137/, markscheiderische Grundlage Auszug Sohlenriss der 750-m-Sohle des Risswerks	75

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 8 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Exemplarische Auflistung einiger wesentlicher Annahmen der Konzeptplanung (KPL) sowie die für die jeweilige Annahme zugrunde liegenden Parameter und daraus resultierender Konsequenzen für die Planung.....	18
Tabelle 2:	Übersicht über den Zustand der ELK 12/750, ELK 2/750 und ELK 1/750 auf der 750-m-Sohle hinsichtlich Pfeiler und Schweben, Historie, Geometrie und Zugänge, SLV der ELK und Abstand der ELK-Stöße im Firstniveau zum Deckgebirge entsprechend /27/ und /6/	29
Tabelle 3:	Übersicht über den Zustand der ELK 5/750, ELK 6/750, ELK 7/750 und ELK 11/750 auf der 750-m-Sohle hinsichtlich Pfeiler und Schweben, Historie, Geometrie und Zugänge, SLV der ELK und Abstand der ELK-Stöße im Firstniveau zum Deckgebirge entsprechend /27/ und /6/	31
Tabelle 4:	Übersicht über den Zustand der ELK 2/750 Na2, ELK 10/750, ELK 8/750 und ELK 4/750 auf der 750-m-Sohle hinsichtlich Pfeiler und Schweben, Geometrie und Zugänge der ELK und Abstand zum Deckgebirge entsprechend /27/ und /6/	33
Tabelle 5:	Übersicht über Themenschwerpunkte für jede ELK bezüglich geologischer und hydrogeologischer Fragestellungen sowie SLV (hellrote Färbung = Erkundung/Untersuchung notwendig, gelbe Färbung = Erkundung/Untersuchung fortsetzen bzw. zu späteren Zeitpunkt verifizieren/wiederholen).....	43
Tabelle 6:	Übersicht über Themenschwerpunkte für jede ELK bezüglich gebirgsmechanischer Fragestellungen (hellrote Färbung = Erkundung/Untersuchung notwendig, gelbe Färbung = Erkundung/Untersuchung fortsetzen bzw. zu späteren Zeitpunkt verifizieren/wiederholen)	44
Tabelle 7:	Übersicht über Themenschwerpunkte für jede ELK bezüglich ELK-Informationen (rote Färbung = Erkundung/Untersuchung notwendig, gelbe Färbung = Erkundung/Untersuchung fortsetzen bzw. zu späteren Zeitpunkt verifizieren/wiederholen).....	46
Tabelle 8:	Zusammenfassung der für die gezielte (Bohrloch-)Untersuchung spezieller Fragestellungen ausgewählten Erkundungsverfahren und deren Einsatzbereiche zur Erlangung eines räumlichen Bildes des Untergrundes...52	52
Tabelle 9:	Übersicht über Verfahren zum Monitoring in der Schachanlage Asse II zum Zweck (hydrogeologischer und) gebirgsmechanischer Datenerhebung und Beobachtung	56
Tabelle 10:	Übersicht über die prinzipielle Anwendbarkeit der für die gezielte Untersuchung spezieller Fragestellungen ausgewählten Erkundungsverfahren für die Ermittlung der zu erkundenden geologischen und hydrogeologischen Parameter.....	59
Tabelle 11:	Übersicht über die prinzipielle Anwendbarkeit der für die gezielte Untersuchung spezieller Fragestellungen ausgewählten Erkundungsverfahren für die Ermittlung der zu erkundenden gebirgsmechanischen Parameter	60

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 9 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- Tabelle 12: Übersicht über die prinzipielle Anwendbarkeit der für die gezielte Untersuchung spezieller Fragestellungen ausgewählten Erkundungsverfahren für die Ermittlung der ELK-Informationen62
- Tabelle 13: Zuordnung der Entsorgungswege zu Salzgrus entsprechend der radiologischen Einstufung der Herkunft aus dem Grubengebäude76
- Tabelle 14: Zusammenfassung der Maßnahmen des radiologischen Erkundungsprogramms für die Einlagerungskammern der 750-m-Sohle und 725-m-Sohle unter Einschätzung der Relevanz sowie des Aufwandes, des Zeitpunktes und der Dauer der Maßnahmenumsetzung86

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 10 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Anlagenverzeichnis

Im vorliegenden Bericht sind keine Anlagen enthalten.

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 11 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Anhangsverzeichnis

- Anhang 1 Rissliche Darstellung der Lage der ELK der 750-m-Sohle einschließlich der geologischen Situation (/9/)
- Anhang 2 Informationen zu den detaillierten Ergebnissen der Bohrungsuntersuchungen aus der Faktenerhebung an der ELK 7/750 entsprechend der Mess- und Erläuterungsberichte aus den angegebenen Quellen

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 12 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Abkürzungsverzeichnis

Die folgenden Abkürzungen finden im vorliegenden Bericht Verwendung:

AP	Arbeitspaket
Arge KR	Arbeitsgemeinschaft Konzeptplanung Rückholung
AtG	Atomgesetz
AÜL	Auslegungsüberschreitender Lösungszutritt
ELK	Einlagerungskammer
ESK	Entsorgungskommission
FG	Freigrenze
ISS	Institut für Strahlenschutz
LSC	Liquid Scintillation Counting
MBZ	Materialbilanzzone
NBR	Natural Background Rejection ©
PAI	Programm zur Aktualisierung des Asse-Inventars
RSK	Reaktor-Sicherheitskommission
SSK	Strahlenschutzkommission
SLV	Salzlösungsvorkommen
StrlSchG	Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung
StrlSchV	Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung)
VBA	Verlorene Betonabschirmung
nVBA	Gebinde, die nicht zu dem Gebindetyp „Verlorene Betonabschirmung“ gehören

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 13 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

1 Einleitung

Die Schachanlage Asse II, nördlich von Remlingen (Landkreis Wolfenbüttel, Niedersachsen), wurde von 1909 bis 1964 als konventionelles Bergwerk betrieben. Im Abbau befanden sich Kali- und Steinsalze der Staßfurt- und Leine-Formation. Die Lagerstätte weist eine steile Lagerung auf und wurde im Kammerbau auf mehreren Sohlen aufgefahren /16/.

Im Auftrag des Bundes wurden von 1967 bis 1978 ca. 47.000 m³ schwach- bis mittelradioaktive Abfälle in einige Kammern eingelagert /43/. Ab Mitte der 1990er Jahre wurde die Stilllegung der Schachanlage vorbereitet.

Seit 2009 wird die Schachanlage Asse II nach Atom- und Bergrecht betrieben und es werden intensive Überwachungs- und Erkundungsmaßnahmen u. a. im Rahmen der sog. Faktenerhebung durchgeführt (/25/; /22/; /40/; /41/; /137/; /37/; /38/; /45/; /48/).

Die Faktenerhebung, die wesentliche Kenntnisdefizite insbesondere vor dem Hintergrund der radiologischen Rechtfertigung der Rückholung aufzeigen und planerische Kenntnislücken schließen sollte, gliederte sich in drei wesentliche Vorgehensschritte auf:

1. Anbohren ausgewählter Einlagerungskammern (ELK) sowie erste Untersuchungen über die Bohrungen zur Überprüfung der Machbarkeit einer Rückholung,
2. Öffnen dieser ELK und Bewertung von Kammer- und Gebindezustand /71/,
3. Erproben fernbedienbarer Techniken durch Bergen von Abfällen bzw. Gebinden, um Aussagen über die technische Durchführbarkeit abzuleiten.

Mit dem Inkrafttreten des § 57b AtG im Jahr 2013 wurde nach § 57b Abs. 2 AtG die unverzügliche Stilllegung (nach Rückholung der radioaktiven Abfälle) der Schachanlage Asse II veranlasst. Aus diesem Grund wurde nach Evaluierung der Faktenerhebung unter anderem

- auf die Durchführung der Schritte 2 und 3 verzichtet, um mit dem Start der Arbeiten zur Rückholung an den ELK beginnen zu können und
- eine geordnete Beendigung der laufenden Planungsarbeiten sowie zielfokussierte Fortführung des Schrittes 1 der Faktenerhebung an der ELK 7/750 und ELK 12/750 beschlossen.

Diesem veränderten Vorgehen wurde u. a. mit der Einrichtung der Planungsgruppe zur Konzeptplanung der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 Rechnung getragen. Die ELK 7/725 ist dafür ausgewählt worden, da die Rückholung mit den Einlagerungskammern beginnen soll, für die der höchste Kenntnisstand vorliegt /33/. Für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 wurde die Konzeptplanung /5/ sowie ein separates Erkundungsprogramm /4/ erarbeitet.

Ziel des hier vorliegenden Berichtes zum AP11b (Erkundungsprogramm) ist die Darlegung eines Konzeptes zur Erhebung über bereits vorliegende Daten hinausgehender und für die

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 14 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

weitere Planung und Genehmigung der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den ELK der 750-m-Sohle zu verwendender Daten. Der genaue Umfang und die zeitliche Einordnung der Erkundungen sind nachfolgend insbesondere in Abhängigkeit von der Genehmigungsstrategie, der Zugänglichkeit der zu erkundenden Bereiche und der Abwägung von Aufwand und Nutzen mit fortschreitender Planungstiefe zu bestimmen. Insbesondere Ausgangspunkt des folgenden Erkundungsprogramms ist, dass sämtliche Einlagerungskammern der 750-m-Sohle nicht mehr zugänglich sind, sodass einige Informationen nicht mehr oder nur mit großem Aufwand erhoben werden können. Abzuwägen sind der mögliche Erkenntnisgewinn mit Blick auf die Verbesserung der Planung und Durchführung der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II im Vergleich zu dem Erkundungs- und Verfahrensaufwand. Deshalb ist das Erkundungsprogramm eng im Kontext des technischen und Sicherheits- und Nachweiskonzept der Rückholung /3/ zu lesen, in dem ein robustes Rückholverfahren technisch beschrieben und sicherheitstechnisch mit seinen Voraussetzungen analysiert wird.

Das Erkundungsprogramm umfasst die Erhebung und Validierung von geologischen, hydrologischen, gebirgsmechanischen und radiologischen Aspekten und Daten sowie Informationen zu den Einlagerungskammern selbst. Dementsprechend umfasst das Erkundungsprogramm Untersuchungen im Nahbereich der und ggf. in den Einlagerungskammern sowie in weiteren Bereichen der 750-m-Sohle, die für die Rückholung relevant sind. Es umfasst jedoch nicht die Erkundung auf tieferen Sohlen als die 750-m-Sohle und auch nicht die Erkundung des Bereiches östlich des bestehenden Grubengebäudes sowie des Standortes für Schacht Asse 5. Zu den in diesem Bericht nicht betrachteten Bereichen/Zielen können Erkundungsbedarfe und -verfahren ggf. von den hier beschriebenen Verfahren abweichen.

Zur zeitlichen Einordnung ist festzustellen, dass diese in Abwägung über den vorliegenden Bericht hinausgehender Aspekte der Gesamtplanung der Rückholung erfolgen muss. Die grundsätzliche Philosophie in diesem Bericht verfolgt eine Einordnung in drei grundsätzliche zeitliche Stufen:

1. Vorlaufend zu relevanten Meilensteinen der Genehmigungsanträge (siehe AP12/13 Bericht zur Zeit- und Kostenschätzung /2/) sollen möglichst viele, sinnvoll ermittelbare Informationen gewonnen werden, um Angaben für die Genehmigungs- und ggf. vorangehende Planungsverfahren zu erhalten und damit Unsicherheiten und unnötige Konservativitäten zu vermeiden und die Genehmigungsfähigkeit nachweislich zu erreichen. Dies wird als „*vorlaufende Erkundung*“ bezeichnet.
2. Während der Rückholung Phase A¹ und vor dem Öffnen der betreffenden Einlagerungskammern zur Bergung der Abfälle, müssen begleitend zu den Arbeiten Erkundungen durchgeführt werden. Dies wird als „*spezifische ELK-nahe Erkundung*“ bezeichnet. Die entsprechenden Ergebnisse fließen in die Ausführungsplanung für Phase B der betreffenden Einlagerungskammern ein. Sie dienen zum finalen Nachweis des Vorliegens von Voraussetzungen und zur weiteren Verbesserung der finalen Umsetzungsplanungen.

¹ Für die Phaseneinteilung der Rückholung (Phasen A, B und C) siehe das Technische und Sicherheits- und Nachweiskonzept AP10/11a /3/

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 15 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

3. Auch danach, also während der Bergung der Abfälle bis zum Verschluss der Hohlräume werden weitere rückholbegleitende Messungen durchzuführen sein. Für den radiologischen Teil sind diese im Sicherheits- und Nachweiskonzept /3/ als begleitende Strahlenschutzmessungen dargestellt, für den geologisch/bergbaulichen Teil sind entsprechende Verfahren u. a. des Geomonitorings im vorliegenden Bericht beschrieben. Da letztere sich über den gesamten Zeitraum aller vorgenannter zeitlicher Stufen erstrecken, wird auch zusammenfassend von „*begleitendem Monitoring*“ gesprochen und dieses neben der Erkundung aufgeführt.

**Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 16 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

2 Erkundung aus Sicht der Rückholungsplanung

2.1 Datengrundlage und Zielstellung weiterer Datenerhebung

Umfangreiche Dokumente zur Beschreibung der Situation sowie zu Überwachungsprogrammen, die u. a. während der Auffahrung der jetzigen ELK, der Einlagerung der schwachradioaktiven Abfälle und im Zusammenhang mit der Faktenerhebung sowie den Maßnahmen der Notfallplanung erstellt worden sind, liegen vor. Diese bilden die Grundlage für das in diesem Arbeitspaket beschriebene Erkundungsprogramm aus Sicht der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle.

Die Zielstellungen dieser Erkundung/Datenerhebung sind weiterhin von denen der derzeitigen allgemeinen Standortüberwachung (Geomonitoring) der gesamten Schachanlage Asse II und der Faktenerhebung abzugrenzen. Die Faktenerhebung bezieht sich derzeit vor allem auf die abgeschlossenen Untersuchungen zur ELK 7/750 und auf die anstehenden Untersuchungen zur ELK 12/750. Im Rahmen des Geomonitorings erfolgt eine fortlaufende Dokumentation und Erhebung von Daten und Messwerten zur Validierung von Modellen bzw. Modellvorstellungen sowie zur Dokumentation des jeweils aktuellen Zustands des Grubengebäudes.

Erkundungsmaßnahmen sind aus Sicht der Rückholungsplanung generell als methodisches Vorgehen zur Erlangung und Verbesserung einer besser belastbaren Datenbasis für anschließende Planungs- und Genehmigungsschritte für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle zu verstehen. Sie umfassen somit nicht ausschließlich methodisch-systematische Sammlungen von Daten mittels Messverfahren, sondern auch die Ausarbeitung von verfahrenstechnisch sinnvollen Entwicklungen von konzeptionellen Vorgehen und Methoden. Die Minimierung der Kenntnisdefizite hat dabei das Ziel, Risiken aus nicht bekannten und damit nicht berücksichtigten Einflussgrößen auf die Planung und Durchführung der Rückholung zu minimieren sowie unnötige Konservativitäten reduzieren zu können.

Aus geowissenschaftlicher/bergbaulicher Sicht werden in diesem Bericht (unabhängig von der zeitlichen Einordnung der Untersuchungen, vgl. Kapitel 2.2) folgende Teilbereiche betrachtet:

- die Geologie (vgl. auch Anhang 1), hydrogeologische Aspekte einschließlich Salzlösungsvorkommen (SLV) auf der 750-m-Sohle,
- die Gebirgsmechanik im Umfeld der Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle,
- die Informationen zu den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle selbst (z. B. Hohlräume, Konturen).

Eine generelle Übersicht über den letzten dokumentierten Stand der ELK auf der 750-m-Sohle für diese Teilbereiche wird in den Kapiteln 3.1.1 und 3.1.2 vorangestellt. Dementsprechend wird der Nutzen der vorliegenden Informationen aus Sicht der Rückholungsplanung für den geowissenschaftlichen/bergbaulichen Teil eingeschätzt sowie Erkundungsbedarfe abgeleitet, um Themenschwerpunkte für die weitere Erkundung bzw. Datenerhebung abzuleiten (siehe

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 17 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Kapitel 3.1.4). In einem weiteren Schritt erfolgt für den geowissenschaftlichen und bergbau-lichen Teil die Darstellung von Erkundungsverfahren (siehe Kapitel 3.2.1) sowie Monitoringpro-grammen (siehe Kapitel 3.2.2) im Kontext ihrer bisherigen Anwendung in der Schachanlage Asse II. Ein Abgleich der abgeleiteten Arbeitsschwerpunkte für die weitere Erkundung (siehe Kapitel 3.1.4) und der jeweiligen Verfahren sowie Monitoringprogramme dient der Ermittlung der Anwendbarkeit der Erkundungsverfahren zur Erfüllung der Erkundungsbedarfe, d. h. zur Datenerhebung über bereits vorliegende Daten hinaus, die für die weitere Planung und Ge-nehmigung der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle herangezogen werden können (siehe Kapitel 3.2.3).

Die Belastbarkeit insbesondere der heute vorliegenden bergbaulichen/gebirgsmechanischen Aussagen hinsichtlich zukünftiger Zustände zu Beginn und während der Durchführung der Rückholung reduziert sich mit fortschreitender Zeitdauer, d. h. mit zeitlichem Abstand vom Kenntnisgewinn. Die bergbaulichen/gebirgsmechanischen Aussagen resultieren aus geologi-schen Modellen und geomechanischen Modellrechnungen, die es kontinuierlich zu validieren und zu verifizieren gilt. Ebenso ist der radiologische Zustand in den Einlagerungskammern nach Möglichkeit zu überwachen und festzustellen, ob sich die Bedingungen gegenüber dem heutigen Zustand – soweit bekannt – verschlechtern bzw. ob die getroffenen radiologischen Planungsannahmen weiter zutreffend sind und ggf. Konservativitäten abgebaut werden kön-nen. Die Summe der bestehenden und zukünftigen Kenntnisse bildet auch die Grundlage im zukünftigen Genehmigungsprozess. Die Konkretisierung bzw. Verifizierung der Randbedin-gungen bzw. Annahmen der Konzeptplanung (/33/; /51/) ist ein übergeordnetes Ziel der Er-kundung/Datenerhebung. Die Ergebnisse dessen bilden die Basis für zu treffende Entschei-dungen, aus der ggf. ein Aktualisierungserfordernis der Planungen in den nächsten Planungs-schritten resultiert.

Um den letzten Aspekt der Zielstellung zu verdeutlichen, sollen in folgender Tabelle 1 die we-sentlichen Annahmen der Konzeptplanung und die daraus resultierenden planerischen Kon-sequenzen exemplarisch aufgezeigt werden. Die Annahmen der Konzeptplanung sind sowohl im Bericht zu AP01 /8/ ausführlich beschrieben, als auch gezielt in den Berichten zu den Grob-konzepten (AP06) /7/, zur Bewertung der Grobkonzepte (AP07) /6/ und des technischen Kon-zeptes der Vorzugvariante der Konzeptplanung (AP10/11a) /3/ benannt.

Demensprechend wird die weitere Planung der Rückholung durch fehlende aktuelle Daten nicht unmöglich, sondern würde weiterhin, wie zuvor beschrieben, auf ggf. sehr konservativen Annahmen beruhen. Durch weitere Erhebung entsprechender zugrundeliegender Parameter (Eingangsdaten) für die Planung können die Konsequenzen zielgerichteter eingeschätzt und ggf. Maßnahmen planerisch angepasst werden.

**Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 18 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Tabelle 1: Exemplarische Auflistung einiger wesentlicher Annahmen der Konzeptplanung (KPL) sowie die für die jeweilige Annahme zugrunde liegenden Parameter und daraus resultierender Konsequenzen für die Planung

Annahme der KPL	Zugrunde liegende Parameter	Konsequenz für Planung
<p>Auffahrung der Basisstrecke im Pfeiler</p> <ul style="list-style-type: none"> • zwischen Einlagerungskammern • zwischen ELK und Abbau • längs der ELK (nördlich oder südlich) <p>ist möglich.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tragfähigkeit des Pfeilers (Gebirgsspannungen) • Permeabilität für Fluide (Risse/Klüfte) • (nicht) Vorhandensein von Salzlösungsvorkommen • ELK-Kontur (Länge, Breite und Höhe) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bestätigung der Machbarkeit oder Alternative für Lage der Basisstrecke • Auslegung und Umfang der Strahlenschutzmaßnahmen • Anzahl Teilflächen (in der Breite und ggf. in der Höhe) <p>→ Folgekonsequenz: Erweiterung der Vorrichtungstrecken und Zeitabläufe</p>
<p>Auffahrungen in alten versetzten Abbauen sind mit Mehraufwand möglich.</p>	<p>Tragfähigkeit des Versatzes (gesteinsmechanische Parameter des Versatzes)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Auslegung/Umfang der Ausbaumaßnahmen • Hohlraumdimensionierung <p>→ Folgekonsequenz: Prüfung/Anpassung der Funktionalität bei ggf. geänderten Hohlraumdimensionen</p>
<p>Die Schweben über den Einlagerungskammern in Kammergruppe Süd sind gebräuchlich.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gebirgsspannungen • Störungszonen/Permeabilität für Fluide (Risse/Klüfte) • ELK-Kontur (insb. Firste) 	<ul style="list-style-type: none"> • Auslegung/Umfang der Ausbaumaßnahmen • Begrenzung der in der ELK freizulegenden Fläche • Anzahl Teilflächen (in der Breite und ggf. in der Höhe) <p>→ Folgekonsequenz: Erweiterung der Vorrichtungstrecken und Zeitabläufe</p>

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 19 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

2.2 Zeitliche Einordnung der Datenerhebung

Die zeitliche Einordnung der Datenerhebung ist im Bericht zur Zeit- und Kostenschätzung der Konzeptplanung (AP12/13) /2/ beschrieben und bezieht sich auf das konzeptionell ausgeplante technische Konzept der Vorzugsvariante (AP10/11a) /3/. Das Verständnis der verschiedenen Phasen der Rückholung, die in diesen beiden genannten Berichten ausführlich beschrieben werden, ist essenziell für das Verständnis der zeitlichen Einordnung der hier beschriebenen Datenerhebung. Die Aufgaben der Datenerhebung gliedern sich grundsätzlich in begleitendes Monitoring und Erkundung.

Das **begleitende Monitoring** sowohl geowissenschaftlicher, bergbaulicher als auch radiologischer Parameter startet von Beginn der weiteren Planungsarbeiten an bzw. wird weitergeführt, da die bestehenden Fragestellungen der Standortüberwachung (Geomonitoring) und deren Monitoringmessnetze weiter betrieben werden. Diese Daten und auf Grund einer Ausweitung des Messnetzes ggf. weitere Daten werden fortlaufend mindestens bis zum Ende der Phase C des letzten aktiven Rückholbereiches erhoben. Neben dauerhaft und regelmäßig zu erfassenden Parametern (z. B. Konvergenzen oder Pfeilerstauchungsraten) können je nach Phase auch noch weitere notwendige Parameter gemessen werden, die ebenfalls diesem Vorgang des begleitenden Monitorings zugeschrieben werden. Das begleitende radiologische Monitoring ist nicht Gegenstand dieses Berichts.

Prinzipiell ist bei der Erkundung zwischen der **vorlaufenden Erkundung** und der **spezifischen ELK-nahen Erkundung** zu unterscheiden. Die vorlaufende Erkundung dient zur Erlangung von verbesserten Informationen, die als Basis für die Genehmigungsanträge für die Rückholung dienen sollen und liefert somit für die vorhergehende Genehmigungs- und Ausführungsplanung aktuelle Eingangsdaten. Die spezifische ELK-nahe Erkundung ist als „rückholungsbegleitende“ Erkundung während Phase A der Rückholung (vgl. AP10/11a /3/) bis zum Beginn von Phase B (Durchführung der Rückholung in der jeweiligen ELK) zu verstehen.

Voraussetzung für den Beginn der Einrichtung und Vorbereitung von **vorlaufenden Erkundungsmaßnahmen** kann das Erteilen einer Genehmigung zur Durchführung dieser Maßnahmen sein. Die Durchführung der geowissenschaftlichen, bergbaulichen und radiologischen Erkundungsmaßnahmen für den Bereich der Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle beginnt, nachdem die entsprechenden Orte, von denen die Erkundung durchgeführt werden kann, aufgefahren und eingerichtet worden sind. Dies müssen nicht zwangsläufig die späteren Aus- und Vorrichtungsstrecken für die Rückholung sein, sondern z. B. separat zum Zweck der Erkundung aufgefahrene Bohrkammern ggf. auch auf höheren Sohlen als der 750-m-Sohle. Einige vorlaufende Erkundungen sind bereits in der derzeit genehmigten Betriebsphase umsetzbar. Die Durchführung der vorlaufenden Erkundung kann parallel zur Entwurfsplanung und anschließend parallel zur ersten Phase der Erstellung von Genehmigungs- und Ausführungsunterlagen für das Gesamtkonzept erfolgen. Bei diesen Planungen können Ergebnisse der vorlaufenden Erkundung bereits berücksichtigt werden. In jedem Fall aber dienen die Ergebnisse den nachfolgenden Planungen zur Erstellung der bereichsspezifischen Genehmigungs- und Ausführungsplanungen, um dafür die planerischen Annahmen zu verifizieren und den Planungen zugrundeliegende Modelle mit aktuelleren und ggf. weiteren Daten zu validieren. Aus

**Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 20 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

radiologischer Sicht sind hier die Verbesserung der Datenbasis zum Abfallinventar und zur Vorbereitung des Langzeitsicherheitsnachweise zu nennen (siehe Kapitel 4.2 und 4.6) sowie radiologische Erkundungen des Grubenraumes (siehe Kapitel 4.3).

Vor der endgültigen Auffahrung der Vorrichtungsstrecken (Zugangsstrecken in Richtung der jeweiligen ELK und Basisstrecke; vgl. AP10/11a /3/) ist die **spezifische ELK-nahe Erkundung** aus der bis dahin aufgefahrenen Ausrichtungs-/Transportstrecke für die Rückholung während Phase A durchzuführen. Die Durchführung dieser spezifischen ELK-nahen Erkundung erfolgt parallel zur Auffahrung weiterer Strecken bzw. parallel zur Rückholung aus anderen Einlagerungskammern, um eine möglichst kontinuierliche Durchführung der Rückholung über mehrere separat zu erschließende Einlagerungskammern hinweg zu gewährleisten (vgl. AP12/13 /2/). Diese Erkenntnisse dienen einem sicherheitsgerichteten Vorgehen bei der Detailanordnung und Auffahrung der Vorrichtungsstrecken im Nahbereich der jeweiligen ELK. Im besten Fall können die Planungsannahmen bestätigt und die Auffahrungen entsprechend der Ausführungsunterlagen umgesetzt werden. Im schlechtesten Fall bestätigen sich die Annahmen nicht und als Konsequenz müssen Alternativen untersucht sowie realisiert werden (siehe Kapitel 2.1). Die hierbei erhobenen Daten können auch im Rahmen der fortlaufenden Beweissicherung sowie zur Verifizierung und Validierung von Modellrechnungen und/oder weiteren Nachweisführungen genutzt werden. Sofern die Strecken bis in die unmittelbare Nähe der Einlagerungskammern führen und geologische Untersuchungen der Pfeiler und Stöße mit Durchschlag zu den Einlagerungskammern vorgesehen sind, gehören aus radiologischer Sicht hierzu Untersuchungen der Atmosphäre und Inventare der Einlagerungskammern (siehe Kapitel 4.4 und 4.5).

Aus Sicht der ARGE sollte möglichst frühzeitig mit vorlaufenden Erkundungsarbeiten unter Nutzung der noch unverfüllten Strecken begonnen und die derzeitigen Arbeiten des Geomonitorings fortgesetzt werden, um zum einen Verzögerungen in den Planungen und/oder den Genehmigungsverfahren zu vermeiden bzw. zum anderen, wenn erforderlich, frühzeitig mit Alternativplanungen beginnen zu können.

Die für die jeweilige Erkundungsphase potentiell zur Anwendung kommenden Erkundungsverfahren sind dabei ggf. die gleichen oder eine entsprechend der Anforderungen abgeänderte Zusammenstellung der Verfahren, die in diesem Arbeitspaket beschrieben werden. Aus diesem Grund werden die geowissenschaftlichen/bergbaulichen Erkundungsverfahren in den folgenden Kapiteln nicht unter dem zeitlichen Aspekt betrachtet, sondern hinsichtlich fachlicher Fragestellungen/Teilbereiche beschrieben.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 21 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

3 Geowissenschaftlicher und bergbaulicher Teil

3.1 Sachstand aus Sicht der Rückholungsplanung

3.1.1 Übersicht über den letzten dokumentierten Stand der ELK auf der 750-m-Sohle

3.1.1.1 Geologie, Hydrogeologie und Salzlösungsvorkommen

Im Zusammenhang mit einer geologischen Erkundung sind i. d. R. neben dem generellen **geologischen Rahmen**, der strukturelle Aufbau einer Lagerstätte, deren Stoffbestand und fazielle Ausbildungen zu untersuchen. Die geologische Erkundung gewährleistet eine sichere und effektive Gewinnung von Lagerstätten und die im Rahmen der geologischen Erkundung von Salzlagerstätten angewandten Methoden und Verfahren sind seit mehreren Jahrzehnten erprobt und bewährt. Da die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den ELK auf der 750-m-Sohle ebenfalls unter sicheren geologischen, hydrogeologischen, gebirgsmechanischen als auch bergtechnischen Bedingungen zu erfolgen hat, ist eine Adaption der zur Lagerstattenerkundung genutzten Methoden und Verfahren für das hier zur Rede stehende Ziel (Kapitel 2) sinnvoll.

Die Geologie im Umfeld der Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle wurde bereits in /8/ und /33/ beschrieben und ist im Wesentlichen /104/ entnommen bzw. beruht auf den entsprechenden Sohlen- und Seigerrissen (/9/ – /15/). Im Rahmen dieses Kapitels erfolgt eine Kurzzusammenfassung des Ist-Zustandes, da die geologischen Verhältnisse im Bereich der 750-m-Sohle im Umfeld der Einlagerungskammern weitestgehend bekannt sind.

Mit Ausnahme der ELK 2/750 Na₂ befinden sich die ELK der 750-m-Sohle an der Südflanke des Grubengebäudes und hinsichtlich der Lithostratigraphie überwiegend im stratigraphischen Abschnitt des Unteren Leinsteinsalz (Na₃) bzw. im Linien-Steinsalz (Na₃β). Im Süd- bzw. Südweststoß der ELK 5/750, ELK 6/750 und ELK 7/750 steht Orangenaugensalz (Na₃γ) an. Am jeweils südwestlichen Stoß der ELK 8/750 und ELK 10/750 bzw. der jeweils südöstlichen Kammerecke der ELK 7/750 und ELK 11/750 steht Staßfurt-Hauptsalz (Na₂β) an. Entsprechend des Risswerkes der Asse (/9/ – /15/) steht außerdem in den ELK 12/750 und ELK 1/750 Carnallit des Kaliflöz Staßfurt (K₂C) im Nordwest- bzw. Nordstoß der Kammer an.

Die ELK 2/750 Na₂ im zentralen Teil des Grubengebäudes befindet sich hauptsächlich im Speisesalz (Na₂S) des stratigraphischen Abschnittes des Staßfurt-Steinsalz, wobei Nord- und Südstoß im Polyhalitbänkchensalz (Na₂P) stehen und kieseritisches Übergangssalz in 2 – 3 m Entfernung zum Südweststoß ansteht.

Hydrogeologische Fragestellungen beziehen sich zum einen auf die hydrogeologischen Verhältnisse im Deckgebirge und zum anderen auf Lösungsvorkommen und lösungsführende Schichten im Salinar. Eine detaillierte Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse im Umfeld der Schachanlage Asse II ist u. a. in /29/, /55/ und /117/ enthalten. Im Bericht zu den Planungsgrundlagen /6/ ist eine Übersicht zu diesen Themen gegeben.

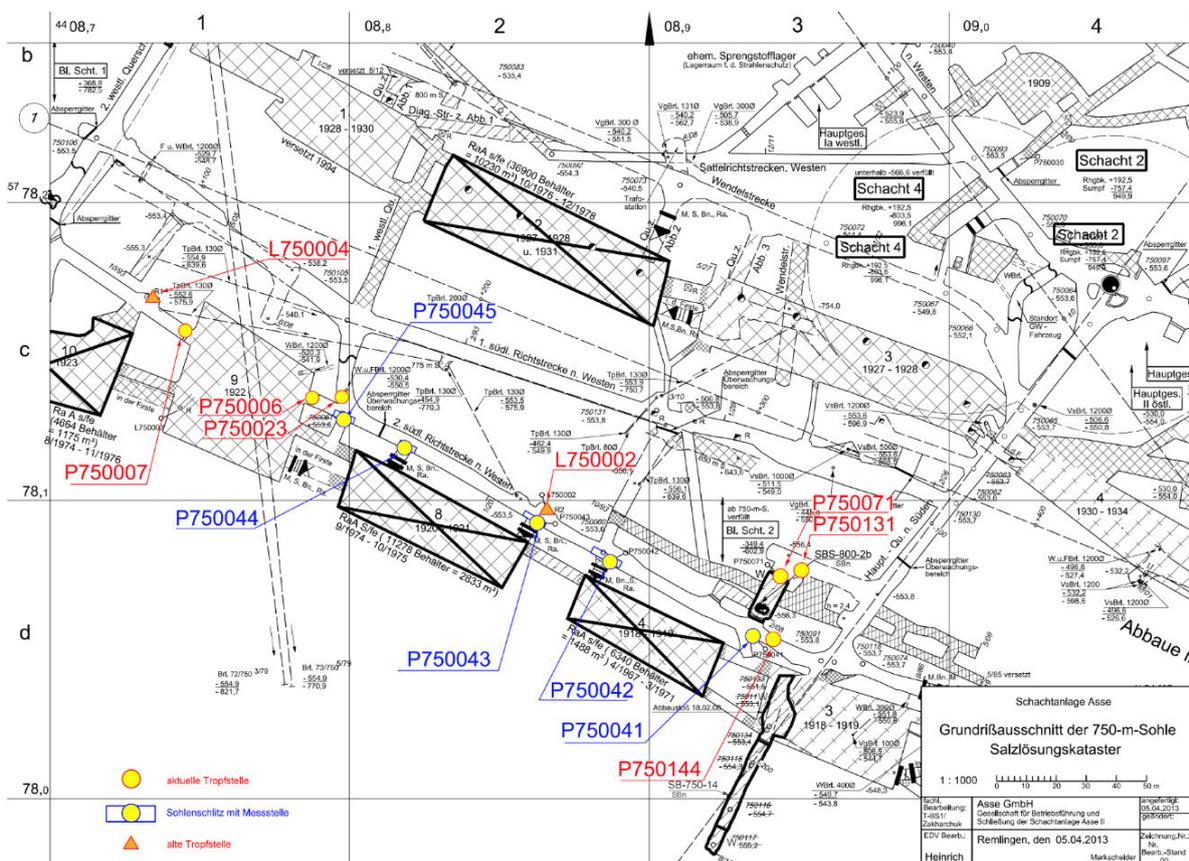
Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 22 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Für die Schachanlage Asse II und im Speziellen für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle ist die Überwachung von bekannten **Salzlösungsvorkommen** (Abbildung 1) als auch die Erkundung potentiell durchfeuchteter Bereiche von besonderer Bedeutung (/47;/ /42/). Das Grubengebäude der Schachanlage Asse II ist hydrogeologisch gefährdet, da aus dem postsalinaren Deckgebirge wässrige i. d. R. NaCl-gesättigte Lösungen zulaufen, die gegenüber anstehenden Kalisalzen Lösepotential besitzen /33/. Der Zutritt aus dem Deckgebirge erfolgt auf der 658-m-Sohle. Von dort migrieren die Lösungen der Schwerkraft folgend auf tiefere Sohlen und somit u. a. in die Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle. Über Austrittsstellen vor den Einlagerungskammern unterhalb der Zutrittsstelle werden die Lösungen überwacht (vgl. Abbildung 1).



Für die ELK 2/750 Na2 im zentralen Teil sowie die ELK 5/750 und ELK 6/750 an der Südflanke des Grubengebäudes sind keine Austrittsstellen salinärer Lösungen in den ELK oder im näheren Umfeld dokumentiert (/6;/ /27/).

Für alle anderen ELK auf der 750-m-Sohle liegen ebenfalls keine dokumentierten Austrittsstellen salinärer Lösungen in den jeweiligen ELK vor. Jedoch wird vermutet (/27/), dass in den

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 23 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

ELK 1/750, ELK 2/750 und ELK 12/750 eine Ausgleichsschicht vor Einlagerung der Gebinde in die ELK eingebracht wurde, um u. a. Abstand zur durchfeuchteten Abbausohle zu erzielen. Des Weiteren wurden bei diesen ELK Austrittstellen salinärer Lösungen im direkten Umfeld (in den Zugängen) festgestellt. Dies trifft auch für die ELK 10/750, ELK 8/750 ELK 4/750, ELK 7/750 und ELK 11/750 zu. Zusätzlich wird für die ELK 12/750 beschrieben, dass sich kontaminierte Salzlösungen in einer Sohlenvertiefung 5 m nördlich der Abschlussmauer von Zugang 35 (in unmittelbarer Nähe des Blindschachtes 3) sammeln. Im Mittel wurden von Januar bis September 2018 in der Südflanke insgesamt 12,3 m³/d Salzlösungen gefasst. (/27/; /42/; /49/)

3.1.1.2 Gebirgsmechanik

Die folgende Übersicht zu den Arten und Ergebnissen der erhobenen Monitoringdaten bezüglich gebirgsmechanischer Parameter wie

- Gebirgsspannungen,
- Pfeilerstauchungsraten,
- Konvergenzraten,
- Lage- und Höhenänderung und
- Mikroseismizität

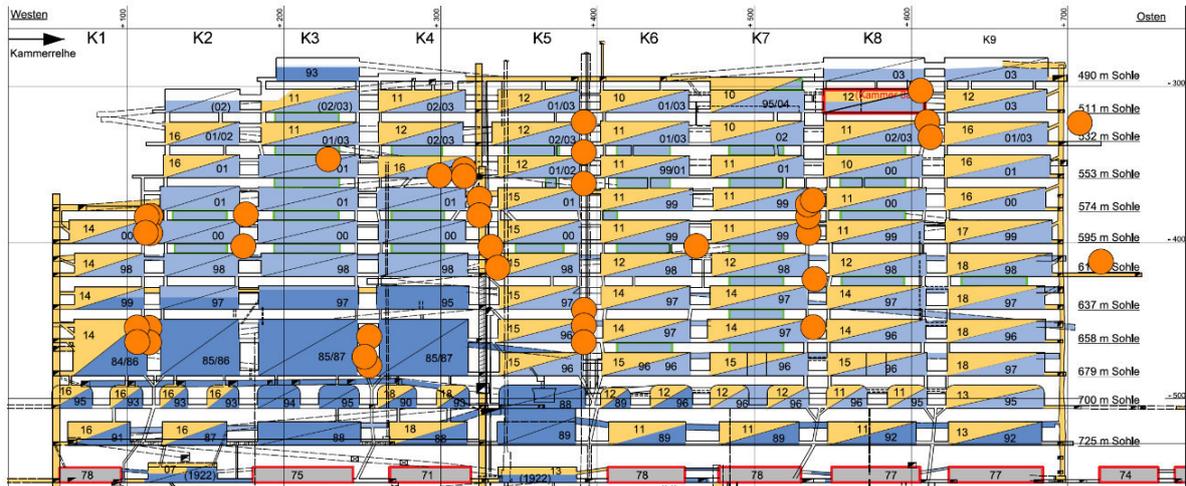
entstammt den Berichten der Gebirgsbeobachtungen 2017 und 2018 (/42/; /47/) sowie dem Jahresbericht 2017 der Standortüberwachung Asse /49/. Diese zuvor genannten Aspekte werden im Rahmen des Geomonitorings im Bergwerk erfasst, aber nicht zwangsläufig im Bereich der 750-m-Sohle, weshalb im Folgenden eine Zusammenfassung der Datenlage für die o. g. Aspekte im Betrachtungsbereich gegeben wird.

Auf der 750-m-Sohle sind keine **Spannungsmonitorstationen** (vgl. Abbildung 2) installiert. Die tiefst gelegenen Stationen im Grubengebäude befinden sich auf der 679-m-Sohle, deren Messungen generell weiterhin große Spannungsdifferenzen zwischen der maximalen Hauptspannung σ_1 und der minimalen Hauptspannung σ_3 anzeigen. Außerdem ist eine beginnende Stützwirkung durch den eingebrachten Versatz in Zusammenwirken mit der Firstspaltverfüllung anhand der in Rahmen des Monitoringprogrammes erhobenen Daten erkennbar.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 24 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020



● Spannungsmonitorstation

Abbildung 2: Lage der Spannungsmonitorstationen im Grubengebäude /42/

Auf der 750-m-Sohle sind keine **Extensometer- und Inclinometermessstellen** (vgl. Abbildung 3) installiert. Die tiefst gelegenen Stationen im Grubengebäude befinden sich auf der 700-m-Sohle. Deren Messwertextrapolation ergeben querschlägige Pfeilerstauchungsraten zwischen 0 – 20 mm/a und integrale horizontale Pfeilerstauchungen von 0 bis -3 m für die 750-m-Sohle (bis 2019). Die ermittelten querschlägigen Pfeilerstauchungsraten mit maximal 67 – 69 mm/a befinden sich anhaltend auf hohem Niveau.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 25 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

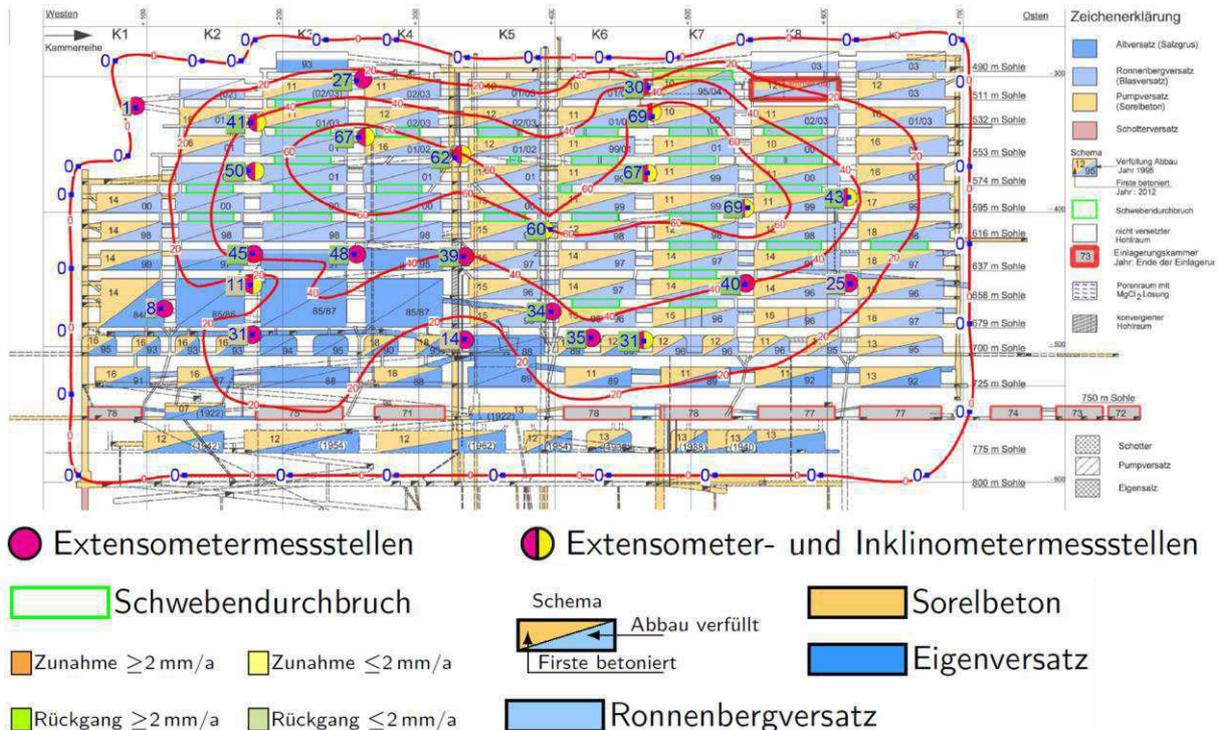


Abbildung 3: Lage der Extensometer- und Inklinometermessstellen sowie Isolinien der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten für den Zeitraum 6/2018 bis 6/2019 in mm/a im Grubengebäude /42/

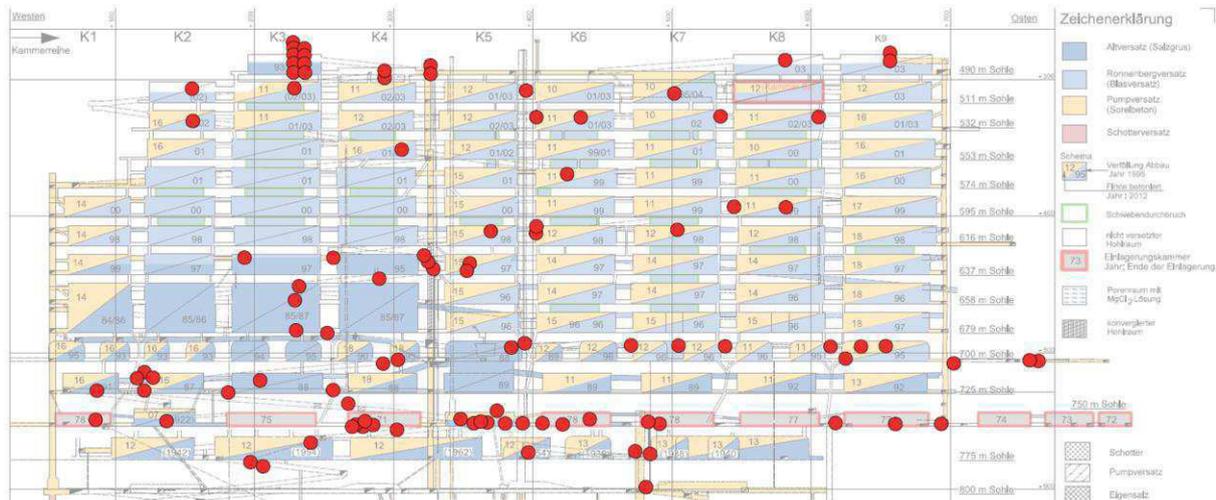
Auf der 750-m-Sohle sind **Konvergenzmessstellen**, wie in Abbildung 4 gezeigt, installiert. Deren Messwerte zeigen (2018) für die Streckensysteme des Sattelkerns der 700- bis 775-m-Sohle horizontale Verformungsraten von 0,15 – 0,79 ‰/a (Mittelwert 0,41 ‰/a) und vertikale Verformungsraten von -0,06 – 1,87 ‰/a (Mittelwert 0,79 ‰/a) im Steinsalz. Die Streckensysteme im Steinsalz der Südflanke des Grubengebäudes zeigen (2018) horizontale Verformungsraten von 1,02 ‰/a.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 26 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020



79 Konvergenzmessquerschnitte

- Konvergenzmessstellen
- 63 Messquerschnitte in den Strecken
- 16 Messquerschnitte in den Abbauen
- Baufelder: Südflanke, Sattelkern

Abbildung 4: Lage der Konvergenzmessstellen im Grubengebäude /42/

Auf der 750-m-Sohle werden **Lage- und Höhenmessungen** in der 2. südl. Richtstrecke n. W. (nördlich - östlich der jeweiligen ELK) durchgeführt, welche folgende Ergebnisse zeigen /49/:

- 16 mm/a im Hangenden (725-m-Sohle) nördlich der ELK 10/750,
- 15 und 17 mm/a im Hangenden (zwischen 725- und 750-m-Sohle) nördlich und nord-östlich der ELK 8/750,
- 16 mm/a nordöstlich des Firstbereiches der ELK 4/750,
- 13 mm/a nördlich Abbau 3/750 im Sohlenbereich,
- 17 und 18 mm/a nach Osten zwischen Abbau 3/750 und ELK 4/750 im Sohlenbereich,
- 19 bzw. 18 mm/a im West- und Ostbereich der ELK 5/750 (Sohlenbereich),
- 12 mm/a im Westbereich der ELK 7/750 und 11/750 (Sohlenbereich).

Auf der 750-m-Sohle finden vor allem Hebungen statt, wobei stärkere Hebungen im südwestlichen Bereich des Grubengebäudes zu verzeichnen sind. Die erfassten Messwerte deuten auf eine hohe Beanspruchung des Tragsystems sowie eine überwiegend fortschreitende Verschiebung in Richtung des zentralen Baufeldes im Staßfurt-Steinsalz auf der 750-m-Sohle hin.

Neben der seismischen Überwachung im gesamten Grubengebäude sind auf der 750-m-Sohle zwei **Mikroseismikstationen** (S-750-W-02 (MS04) auf Höhe des Abbaus 9/750 und S-750-Z-01 (MS01) östlich der ELK 8/750; vgl. Abbildung 5) installiert, welche aktuell zur Messung der

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 27 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Mikroseismizität im Grubengebäude in Betrieb sind. Die Messungen zeigten auf einem beständig hohen Niveau etwa 15 Ereignisse pro Tag im Zeitraum von 2016 bis 2018. Diese hohe Aktivität konzentriert sich vor allem auf folgende 3 Clusterbereiche:

- Cluster im Bereich der 2. nördl. Richtstrecke n. E. auf der 750-m-Sohle (südlich Blindschacht 4) mit starken Vorschädigungen, hohem Durchbauungsgrad und noch vorhandenen Resthohlräumen und Magnituden bis -3,
- Cluster im Bereich der ELK 4/750, dessen Schwerpunkt nördlich oberhalb der ELK 4/750 und unterhalb des Abbaus 4/725 entlang der verfüllten 2. süd. Richtstrecke n. W. (Schwebenbereich) liegt und mit Magnituden bis -3,5 sehr aktiv ist, allerdings ist bereits ein Rückgang der Aktivität nach Stabilisierung der Umgebung zu verzeichnen,
- Cluster im Bereich der ELK 6/750 mit Schwerpunkt des Hauptclusters etwas unterhalb des östlichen Teils der ELK 6/750 und Magnituden bis max. -3 und zunehmender Aktivität.

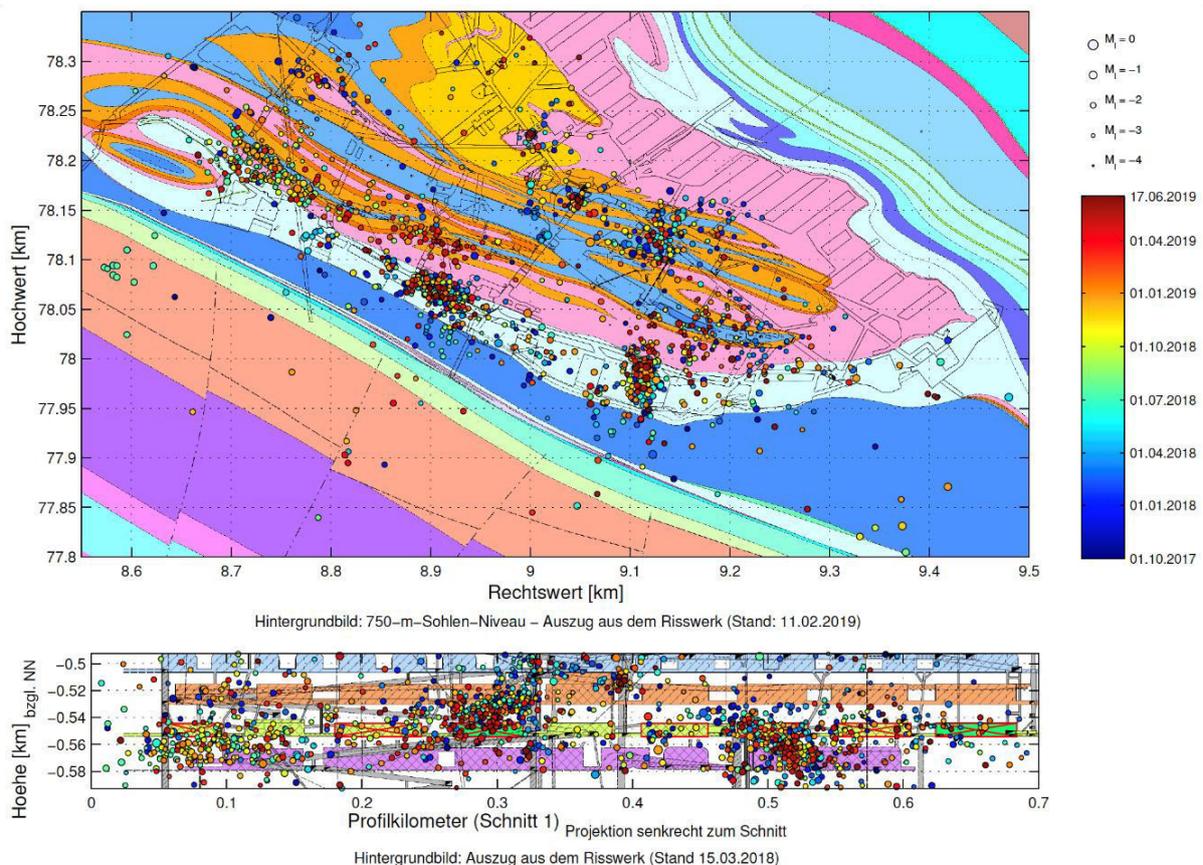


Abbildung 5: Mikroseismizität im Bereich der 700- bis 775-m-Sohle im Grubengebäude /42/

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 28 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

3.1.1.3 ELK-Informationen

Die tabellarische Darstellung des letzten dokumentierten Zustandes der Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle hinsichtlich

- Lage bezüglich umgebender Abbaue/ELK und entsprechende Pfeiler- und Schwebenstärken,
- Abbau- und Einlagerungshistorie,
- Hohlraumgeometrie und Zugänge der Einlagerungskammern,
- Salzlösungsvorkommen in den Einlagerungskammern und
- Abstand der ELK–Stöße im Firstniveau zum Deckgebirge

erfolgt in Tabelle 2, Tabelle 3 und Tabelle 4 und ist in /27/ und /6/ ausführlich dargestellt. Die Zusammenfassung der Informationen für die Einlagerungskammern der 750-m-Sohle folgt der in /3/ vorgenommenen Einteilung der Einlagerungskammern in

- *Kammergruppe Ost* (ELK 12/750, ELK 2/750 und ELK 1/750, Tabelle 2),
- *Kammergruppe Süd* (ELK 5/750, ELK 6/750, ELK 7/750, ELK 11/750, ELK 10/750, ELK 8/750 und ELK 4/750, Tabelle 3 und Tabelle 4) und
- *Kammergruppe Zentral* (ELK 2/750 Na2, Tabelle 4).

Hinsichtlich der Aspekte Verfüllgrad² der Einlagerungskammern und Kammeratmosphäre lassen sich für alle Einlagerungskammern folgende Aussagen generell als Sachstand festhalten:

- Der *Verfüllgrad* ist hinsichtlich der Gebinde- und Salzversatzeinlagerungen bereits in mehreren Studien beschrieben worden (u. a. /6/ und der darin beschriebenen Referenzen). Für alle Einlagerungskammern unbekannt sind allerdings mechanische Parameter (z. B. Stützdruck, Festigkeit) der jeweiligen Verfüllung. Weiterhin sind Aspekte wie z. B. Firstpalte und deren Größe/Ausdehnung bei verfüllten Einlagerungskammern aufgrund der Unzugänglichkeit der Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle generell nicht bekannt.
- Die *Kammeratmosphäre* ist mit Ausnahme der ELK 7/725, in der die Kammeratmosphäre kontinuierlich bekannt ist, und der ELK 7/750, in der die Kammeratmosphäre durch die Faktenerhebung punktuell und kurzzeitig untersucht wurde, bei allen Einlagerungskammern der 750-m-Sohle unbekannt.

² Verfüllgrad: Volumenanteil von Versatzmaterial im Hohlraum

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 29 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Tabelle 2: Übersicht über den Zustand der ELK 12/750, ELK 2/750 und ELK 1/750 auf der 750-m-Sohle hinsichtlich Pfeiler und Schweben, Historie, Geometrie und Zugänge, SLV der ELK und Abstand der ELK-Stöße im Firstniveau zum Deckgebirge entsprechend /27/ und /6/

Vorhandene Informationen zu	Kammergruppe Ost		
	ELK 12/750	ELK 2/750	ELK 1/750
rissliche Darstellung			
Umgebung	Am östlichen Rand des Grubengebäudes, im Bereich der Südflanke des Asse-Höhenzuges		
• ELK/Abbaue	ELK 2/750 im E und ELK 11/750 im WSW, keine Abbaue ober- und unterhalb bzw. in Richtung Flanke der Salzstruktur	ELK 1/750 im E, ELK 12/750 im W, Kaliabbau 12 Ost im N, keine Abbaue ober- und unterhalb	ELK 2/750 im W, Kaliabbau 12 Ost im N, keine Abbaue ober- und unterhalb
• Pfeilerstärke	45 m nach W, 20 m nach E, 4 m nach N zur Erkundungsstrecke im Carnallit	20 m nach W und 17 m nach NE, 9 m im N in Richtung Erkundungsstrecken im Carnallit	20 m nach W und 10 – 15 m im N
• Schweben	-	-	-
Kammergeometrie			
• Mittlere Länge	36 m	23 m	50 m
• Mittlere Breite	32 m	28 m	20 m
• Mittlere Höhe	10 m (im nördlichen Bereich 3 m)	10 m	10 m (3 m im NE-Teil der ELK)
• Grundfläche plan	1.230 m ²	740 m ²	1.060 m ²
• Leervolumen (ursprünglich/korrigiert für 2009) ³	k.A. / 7.900 m ³	7.400 ± 827 m ³ / 5.328 ± 950 m ³	9.214 ± 1.022 m ³ / 6.634 ± 1.179 m ³
• Ehemalige Zugänge	<p>3 (lfd. Nrn. 35, 36, 37)</p> <p>35: Verbindung zu nördl. Richtstrecke n. E., Verschlussbauwerk im Übergangsbereich zu ELK und Einbringen Salzhauwerk bis zu Beginn der Richtstrecke und Abschluss durch Mauer aus Gasbetonsteinen</p> <p>36: Verbindung zu ELK 2/750 (Sohle), im Übergangsbereich zu ELK mit Verschlussbauwerk (Strahlenschutzmauer) versehen</p> <p>37: Verbindung zu ELK 2/750 (Firste), unversetzt</p>	<p>7 (lfd. Nrn. 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42)</p> <p>36: (Sohle) & 37 (Firste): siehe ELK 12/750</p> <p>38 & 40: Verbindung zur Erkundungsstrecke bzw. weiter zur 2. nördl. Richtstrecke n. E., unversetzt bis auf Übergangsbereich zu ELK 2/750 (Sturzversatz)</p> <p>39: Verbindung zu ELK 1/750 und Zugang 40, mit Sturzversatz (Salzhauwerk)</p>	<p>5 (lfd. Nm. 39, 42, 43, 44a-b)</p> <p>39 & 42: siehe ELK 2/750</p> <p>43: Verbindung zur Kali-Abbaukammer 12 Ost, unversetzt bis auf Übergangsbereich zu ELK 1/750 (Sturzversatz), in Verbindung mit Gesenk (im Steinsalz) zur 700-m-Sohle</p> <p>44a-b: östliche Erkundungsstrecken ohne Verbindung, unversetzt, enden im Steinsalz</p>

³ Korrektur im Sinne unterschiedlicher Angaben in risslichen und textlichen Angaben in Originaldokumenten

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 30 von 117 Stand: 11.12.2020
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	

Vorhandene Informationen zu	Kammergruppe Ost		
	ELK 12/750	ELK 2/750	ELK 1/750
		41: keine Verbindung, unversetzt, endet im Steinsalz 42: Verbindung zu ELK 1/750, Gebinde mit radioaktiven Abfällen eingebracht direkt auf Sohlniveau (ohne Ausgleichsschicht)	
<ul style="list-style-type: none"> Kammerzustand 	Vermutete: - Abschalungen an Firste	Vermutete: - Abschalungen an Firste - Durchfeuchtung der Kammersohle - Querschnittsverringern (Konvergenz) der unversetzten Zugänge	Vermutete: - Abschalungen an Firste - Durchfeuchtung der Kammersohle - Querschnittsverringern (Konvergenz) der unversetzten Zugängen
Geologie	Leinsteinsalz im N-Stoß (First) Aufschluss von Kalisalzflöz Staßfurt (Carnallit)	Leinsteinsalz Kalisalzflöz Staßfurt (Carnallit) in 20 – 25 m nach N und NW	Leinsteinsalz Eventuell Teil des nördlichen Abbaustoßes im Carnallit, ELK liegt im Bereich des umlaufenden Streichens des nach Osten hin abtauchenden Assesattels
<ul style="list-style-type: none"> Geringster Abstand zum Deckgebirge (ab Firstniveau) 	140 m (so1Na) an südlichem Stoß	160 m (so1Na) an südwestlicher Kammerecke	110 m (z4T) an nordöstlicher Kammerecke
<ul style="list-style-type: none"> Salzlösungsvorkommen 	Keine Austrittstellen salinärer Lösung in der ELK, jedoch im direkten Umfeld (Bereich Zugang Nr. 35) dokumentiert, vermutlich Ausgleichsschicht vor Einlagerung eingebracht um u. a. Abstand zur durchfeuchteten Abbau-sohle zu erzielen 5 m nördlich der Abschlussmauer von Zugang 35 sammeln sich kontaminierte Salzlösungen in Sohlenvertiefung (in unmittelbarer Nähe des Blindschachtes 3)	Keine Austrittstellen salinärer Lösung dokumentiert, vermutlich Ausgleichsschicht vor Einlagerung eingebracht, um u. a. Abstand zur durchfeuchteten Abbau-sohle zu erzielen	

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 31 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Tabelle 3: Übersicht über den Zustand der ELK 5/750, ELK 6/750, ELK 7/750 und ELK 11/750 auf der 750-m-Sohle hinsichtlich Pfeiler und Schweben, Historie, Geometrie und Zugänge, SLV der ELK und Abstand der ELK-Stöße im Firstniveau zum Deckgebirge entsprechend /27/ und /6/

Vorhandene Informationen zu	Kammergruppe Süd			
	ELK 5/750	ELK 6/750	ELK 7/750	ELK 11/750
rissliche Darstellung				
Umgebung	Am südlichen Rand des Grubengebäudes, im Bereich der Südflanke des Asse-Höhenzuges			
ELK/Abbaue	ELK 6/750 im E, Abbau 3/750 im W, südl. Richtstrecke n. E. im N, Abbau 6 auf der 725-m-Sohle im Hangenden	ELK 5/750 im W, ELK 7/750 im E, südl. Richtstrecke n. E. im N, Abbau 7 auf der 725-m-Sohle im Hangenden	ELK 6/750 im W, ELK 11/750 im E, Abbau 8 auf der 725-m-Sohle im Hangenden, Querschlag im Firstniveau mit Verbindung zu Abbau 5/750 (Na2)	ELK 7/750 im W, ELK 12/750 im E, Begleitstrecke im N, Abbau 9 auf der 725-m-Sohle im Hangenden
Pfeilerstärke	20 m nach W und E, 5 – 6 m nach N in (Südl. Richtstrecke n. E.)	20 m nach W und E, 4 – 6 m nach N (Südl. Richtstrecke n. E.)	20 m nach W und E, 2 – 4 m nach N (Südl. Richtstrecke n. E.)	20 m nach W, 6 m nach N, 45 m im E,
Schweben	14 m bzw. 8 m (lokal) zu den Abbauebenen auf der 725-m-Sohle im Hangenden, 20 m zu (2.) südl. Richtstrecke n. W. auf der 775-m-Sohle im Liegenden	14 m zu den Abbauebenen auf der 725-m-Sohle im Hangenden, 20 m zu (2.) südl. Richtstrecke n. W. auf der 775-m-Sohle im Liegenden		14 m zu den Abbauebenen auf der 725-m-Sohle im Hangenden
Kammergeometrie				
Mittlere Länge	46 m	49 m	59 m	52 m
Mittlere Breite	35 m	39 m	33 m	25 m
Mittlere Höhe	10 m	10 m	10 m	10 m
Grundfläche plan	1.700 m ²	1.990 m ²	1.880 m ²	1.620 m ²
Leervolumen (ursprünglich/korrigiert für 2009)⁴	17.000 ± 1.901 m ³ / 12.240 ± 2.182 m ³	19.900 ± 2.225 m ³ / 14.328 ± 2.555 m ³	18.800 ± 2.102 m ³ / 13.536 ± 2.413 m ³	k.A. / 11.500 m ³
Ehemalige Zugänge	7 (lfd. Nr. 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20) 14: südl. Verbindung Sohle zu Abbau 3/750; Übergangsbereich zu Abbau/ELK mit Salzhautwerk versetzt, Querschnittsverringern aufgrund Konvergenz (Querschnitt geschätzt auf 2 m ²) 15: südl. Verbindung First zu Abbau 3/750, Höhenver-	10 (lfd. Nr. 19, 20, 21, 22 a-e, 23, 24, 25) 19: Verbindung zu ELK 5/750 (Firste), mit Salzhautwerk versetzt 20: Verbindung zu ELK 5/750 (Sohle) und Zugang 21, mit Salzhautwerk versetzt 21: westl. Verbindung zu südl. Richtstrecke n. E., im Übergangsbereich zur ELK mit Verschlussbauwerk	8 (lfd. Nr. 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30) 26: westl. Verbindung zur südl. Richtstrecke n. E., Verschlussbauwerk im Übergangsbereich zur ELK (vermutlich Versickern der Überschusslösung) mit geotechnischen Instrumentierungen und markscheiderischen Messankern (GSF, 1991, /81/); Akte 8b, im	6 (lfd. Nr. 29, 30, 31, 32, 33, 34) 29 & 30: siehe ELK 7/750 31: Verbindung südl. Richtstrecke n. E., Verschlussbauwerk im Übergangsbereich zur ELK mit geotechnischen Instrumentierungen (GSF, 1991, /81/) 32 & 33: Westl. (32) und östl. (33) Verbindung zur nördl. Begleitstrecke, im Übergangsbereich zur ELK

⁴ Korrektur im Sinne unterschiedlicher Angaben in risslichen und textlichen Angaben in Originaldokumenten

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 32 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	

Vorhandene Informationen zu	Kammergruppe Süd			
	ELK 5/750	ELK 6/750	ELK 7/750	ELK 11/750
	<p>ringerung aufgrund Konvergenz auf 1,6 m, Teilverfüllung mit Sorelbeton nach 2009</p> <p>16: Bohrung zu Abbau 3/750 in Firste, Durchmesser 500 mm, steht über Verrohrung in Verbindung mit weiterer Bohrung Ri. Süd. Richtstrecke n. E., Querschnitt inzwischen oval aufgrund Gebirgsdruck, im Bereich der Verrohrung versetzt</p> <p>17: nördl. Verbindung zu Abbau 3/750 und zu Zugang 18 und Rolloch 3 zur 725-m-Sohle, versetzt</p> <p>18: Verbindung südl. Richtstrecke n. E., Verschlussbauwerk im Übergangsbereich zur ELK ansonsten Versatz mit Salzhauwerk, Verbindung zu Rolloch 3 zur 725-m-Sohle</p> <p>19 & 20: siehe ELK 6/750</p>	<p>(vermutlich Versickern der Überschusslösung) mit geotechnischen Instrumentierungen (GSF, 1991, /81/), restlicher Zugang mit Salzhauwerk versetzt, Verbindung zu Zugang 20</p> <p>22a-e: Bohrungen in der Sohle im NW-Bereich (<u>a</u> & <u>b</u>: rd. 25 m tief und Durchmesser 400 mm, <u>c</u>: rd. 50 m tief, Durchmesser 320 mm, <u>d</u>: rd. 50 m tief, Durchmesser 320 mm, halbverfüllt mit Salzgrus, <u>e</u>: rd. 21,5 m, Durchmesser 54 mm, mit Magnesiummörtel verschlossen, Verbindung zu Erkundungsstrecke n. E. auf 775-m-Sohle)</p> <p>23: südl. Verbindung zu 7/750 (Sohle), im Übergangsbereich zu ELK mit Salzhauwerk versetzt</p> <p>24: südl. Verbindung zu ELK 7/750 (Firste), im Übergangsbereich zu ELK mit Verschlussbauwerk (vermutlich Versickern der Überschusslösung) mit geotechnischen Instrumentierungen (GSF, 1991, /81/), restlicher Zugang mit Salzhauwerk versetzt</p> <p>25: nördl. Verbindung zu ELK 7/750 (Sohle), mit Salzhauwerk versetzt, Verbindung zu Zugang 26</p>	<p>Buch G; Zeichnung 1/12/81 Markscheiderei), restlicher Zugang mit Salzhauwerk versetzt, Verbindung zu Rolloch 4 zur 725-m-Sohle und Zugang 25</p> <p>27: Verbindung zu Abbau 5/750 (Na2), fünfteiliger Verschluss (drei Stützelemente und 2 Dichtungsteile) im Jüngeren Steinsalz und Carnallit mit geotechnischen Instrumentierungen, Resthohlräume mit Salzgrus, vermutlich Versickern der Überschusslösung (GSF, 1991, /81/), jetzt durch Tor verschlossen (Strahlenschutzbereich)</p> <p>28: Verbindung zu südl. Richtstrecke n. E., östl. Querschlag und Rolloch 5 zur 725-m-Sohle; mit Salzhauwerk versetzt</p> <p>29: Verbindung zu ELK 11/750 (Firste), im Übergangsbereich zu ELK mit Verschlussbauwerk, restlicher Bereich mit Salzhauwerk versetzt</p> <p>30: Verbindung zu ELK 11/750 (Sohle), im Übergangsbereich zu ELK mit Salzhauwerk versetzt</p>	<p>mit Salzhauwerk versetzt; Querschnittsverringering, Verbrucherscheinungen und Konturauflockerungen anzunehmen</p> <p>34: Verbindung zu ELK 12/750 (Sohle), im Übergangsbereich zur ELK mit Salzhauwerk versetzt und mit Verschlussbauwerk, Erkundungsbohrung zeigt unvollständiges Verfüllen/Verbrechen</p>
<ul style="list-style-type: none"> Kammerzustand 	Abschalungen der nordwestlichen Firste sind in den Kammerbereich gebrochen, Gebinde sind deformiert und weisen Risse auf	Keine Informationen	bereits in Einlagerungszeit Hochbruch mit Scheitelhöhe von 2,5 – 3m im nordwestlichen Firstbereich, weitere Ausbreitung der Risse nach oben und Osten vermutet, weitere Informationen → vgl. Faktenerhebung	nördl. Begleitstrecke im N: entweder teilverfüllt oder verbrochen, starke Auflockerungen (Spalten und Risse)
Geologie	Leinsteinsalz Kalisalzflöz Staßfurt (Carnallit) in 10 m nach N	Leinsteinsalz Kalisalzflöz Staßfurt (Carnallit) in 5 – 12 m nach N	Hauptsächlich Leinsteinsalz Hauptsalz der Staßfurt-Formation und geringfügig Carnallit im Südoststoß und Sohle, Kalisalzflöz Staßfurt (Carnallit) in 8 – 15 m nach N	Hauptsächlich Leinsteinsalz Hauptsalz der Staßfurt-Formation im südöstl. Kammerbereich
<ul style="list-style-type: none"> Geringster Abstand zum Deckgebirge (ab Firstniveau) 	40 m (so1Na) an südwestlicher Kammerecke	50 m (so1Na) an südwestlicher Kammerecke	60 m (so1Na) an südwestlicher Kammerecke	90 m (so1Na) an südwestlicher Kammerecke
<ul style="list-style-type: none"> Salzlösungsvorkommen 	Keine Austrittstellen salinärer Lösung in der ELK oder direktem Umfeld	Keine Austrittstellen salinärer Lösung in der ELK oder direktem Umfeld	Keine Austrittstellen salinärer Lösung in der ELK, jedoch im direkten Umfeld (Verlängerung Zugang Nr. 27); Erkundungsbohrung aus Zugang 27 in Querschlag ergab Salzlösung im Niveau der 750-m-Sohle (Cs-137 Kontamination von 3,7 kBq/kg bzw. 6,1 kBq/kg)	Keine Austrittstellen salinärer Lösung in der ELK, jedoch im direkten Umfeld und in den Zugängen (östl. Querschlag, gegenüber Zugang Nr. 33)

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 33 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Tabelle 4: Übersicht über den Zustand der ELK 2/750 Na2, ELK 10/750, ELK 8/750 und ELK 4/750 auf der 750-m-Sohle hinsichtlich Pfeiler und Schweben, Geometrie und Zugänge der ELK und Abstand zum Deckgebirge entsprechend /27/ und /6/

Vorhandene Informationen zu	Kammergruppe Zentral		Kammergruppe Süd	
	ELK 2/750 Na2	ELK 10/750	ELK 8/750	ELK 4/750
rissliche Darstellung				
Umgebung	Im Zentralteil des Grubengebäudes, westlich Schacht 2, direkt unterhalb der ELK 7/725 auf 725-m-Sohle		Am südlichen Rand des Grubengebäudes, im Bereich der Südflanke des Asse-Höhenzuges	
ELK/Abbaue	Abbau 3/750 (versetzt) im E, Abbau 1/750 (versetzt) im NW, Abbau 2 (versetzt) auf der 775-m-Sohle im Liegenden	Abbau 9/750 im E, Abbau 1 auf der 725-m-Sohle im Hangenden	ELK 4/750 im E, Abbau 9/750 im W, 2. südl. Richtstrecke n. W. im N, Abbau 3 auf der 725-m-Sohle im Hangenden	ELK 8/750 im W, Abbau 3/750 im E, 2. südl. Richtstrecke n. W. im N, Abbau 4 auf der 725-m-Sohle im Hangenden
Pfeilerstärke	15 m nach W und E, mind. 14 m in N Richtung Sattelrichtstrecke n. W. bzw. mind. 22 m zur Wendelstrecke, 30 m in Richtung S zur 1. Südl. Richtstrecke n. W.	20 m nach E, 10 – 20 m nach N	20 m nach E und W, 7 – 8 m nach N	20 m nach W und E, 6 – 7 m nach N (2. Südl. Richtstrecke n. W.)
Schweben	6 m zur ELK 7/725 im Hangenden, 8 m zum Abbau 2 auf der 775-m-Sohle im Liegenden	14 m zu den Abbauen auf der 725-m-Sohle im Hangenden, über Rollloch Verbindung zu den Abbauen der 725-m-Sohle	14 m zu den Abbauen auf der 725-m-Sohle im Hangenden, ca. 20 m zu (2.) südl. Richtstrecke n. W. auf der 775-m-Sohle im Liegenden	
Kammergeometrie				
Mittlere Länge	82 m	38 m	62 m	51 m
Mittlere Breite	23 m	27 m	19 m	16 m
Mittlere Höhe	17 m	11,5 m	10 m	10 m
Grundfläche plan	1.880 m ²	1.030 m ² (Sohlenniveau, 7,3 m über Sohle = 679 m ²)	1.180 m ²	910 m ²
Leervolumen (ursprünglich/korrigiert für 2009)⁵	31.960 ± 3.573 m ³ / 21.888 ± 2.847 m ³	k.A. / 7.100 m ³	k.A. / 8.500 m ³	9.100 ± 1.017 m ³ / 6.552 ± 1.168 m ³
Ehemalige Zugänge	9 (Ifd. Nrn. 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52 a-c) 46: Verbindung zur 1. Südl. Richtstrecke n. W., mit Salz versetzt, im Übergang zu ELK Salzhautwerk, im	5 (Ifd. Nr. 1, 2, 3, 4, 5) 1: östl. Verbindung zur 2. Südl. Richtstrecke n. W.,	5 (Ifd. Nr. 6, 7, 8, 9, 10) 6: Verbindung zu Abbau 9/750 (Sohle), verbrochen und versetzt	4 (Ifd. Nr. 10, 11, 12, 13) 10: Verbindung zu ELK 8/750, trocken, sehr geringe Konturausbrüche, in Übergangsbereich zu den ELK versetzt,

⁵ Korrektur im Sinne unterschiedlicher Angaben in risslichen und textlichen Angaben in Originaldokumenten

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 34 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	

Vorhandene Informationen zu	Kammergruppe Zentral		Kammergruppe Süd	
	ELK 2/750 Na2	ELK 10/750	ELK 8/750	ELK 4/750
	<p>unverfüllten Bereich Holz- und Eisenteile</p> <p>47: Verbindung zu Abbau 3/750 (Na2) (Firste), mit Verschlussbauwerk</p> <p>48: Verbindung zu Abbau 3/750 (Na2) (Sohle), in Übergangsbereich ELK und Abbau mit Salzhauwerk versetzt, mittig mit Rolloch zur 725-m-Sohle (Durchmesser ca. 2 m)</p> <p>49: Verbindung zur Wendelstrecke (Firste), Verschlussbauwerk am Kammerzugang</p> <p>50: südliche Verbindung zu Abbau 1/750 (Na2), vollständig mit Salzhauwerk versetzt, quert den versetzten 1. westlichen Querschlag</p> <p>51: nördliche Verbindung zu Abbau 1/750 (Na2), vollständig mit Salzhauwerk versetzt, quert versetzten 1. Westlichen Querschlag, in unmittelbarer Nähe Rolloch zur 725-m-Sohle (Durchmesser ca. 2 m)</p> <p>52 a-c: Rolllöcher in der Schwebe in Ri. Abbau 2/775 (Na2) (versetzt), Durchmesser ca. 2 m, mit Salzhauwerk versetzt, Fässer durch Rolllöcher erkennbar</p>	<p>mit Salzhauwerk versetzt, Abschluss mit Gasbetonsteinen</p> <p>2: westl. Verbindung zur 2. Südl. Richtstrecke n. W., mit Salzhauwerk versetzt im Übergangsbereich zur ELK</p> <p>3: (Sohle) & 4 (Firste): Durchhieb zu Abbau 9/750, mit Salzhauwerk versetzt, letzter Hohlraum mit Sorelbeton über Bohrung verfüllt</p> <p>5: Rolloch von der 725-m-Sohle in Firste, verbrochen</p>	<p>7: Verbindung zu Abbau 9/750 (Firste), mit Verschlussbauwerk im Übergang zu Abbau 9/750</p> <p>8: westl. Verbindung zu 2. Südl. Richtstrecke n. W., mit Verschlussbauwerk im Übergang zu ELK 8/750, Abschlussmauer aus Gasbetonsteinen</p> <p>9: östl. Verbindung zu 2. Südl. Richtstrecke n. W., mit Verschlussbauwerk im Übergang zu ELK 8/750, Abschlussmauer aus Gasbetonsteinen (geschädigt) und Salzhauwerk, Abschaltungen</p> <p>10: siehe ELK 4/750</p>	<p>in Durchhiebsmitte vermutlich Versatz (starke Kompaktion durch Konvergenz)</p> <p>11: Verbindung zu 2. Südl. Richtstrecke n. W., im Übergangsbereich zur ELK mit 4 m langem Verschlussbauwerk (Abschlussmauer aufgrund Schädigung ersetzt durch 27 m³ Sorelbeton und 0,75 m mächtige Mauer aus Sorelbetonsteinen)</p> <p>12 & 13: südliche (13) & nördliche (12) Verbindung zu Abbau 3/750, in Übergangsbereich zu ELK 3/750 mit Salzhauwerk versetzt, in 13 Anstehen von Salzlösung 1,5 m unter der 750-m-Sohle</p>
<ul style="list-style-type: none"> Kammerzustand 	Keine Informationen	Keine Informationen	Keine Informationen	Kammer vor Einlagerung beraubt, Risse im Pfeiler zw. ELK 4/750 und 2. Südl. Richtstrecke n. W (plus Geruch aus Kammer) sowie querschlägiger Riss in Sohle der 2. Südl. Richtstrecke n. W zw. ELK 4/750 und Blindschacht 2 → Rissysteme nachgeschnitten und entfernt (2008)
Geologie	Hauptsächlich Staßfurtsteinsalz Hangendsalz als Polyhalitbänkchensalz im S-Stoß der Kammer, kieseritisches Übergangssalz in 2 – 3 m im SW und Kalisalzflöz Staßfurt in < 10 m Entfernung im SW und NE anstehend	Hauptsächlich Leinsteinsalz Hauptsalz der Staßfurt-Formation im Südstoß, Teilbereichen des West- und Oststoßes und angrenzende First- und Sohlenbereiche, Kalisalzflöz Staßfurt in 20 m nach N und NE, geringster Abstand zum Carnallit im Liegenden = 15 m	Hauptsächlich Leinsteinsalz Hauptsalz der Staßfurt-Formation im Südstoß und angrenzende Firste, Kalisalzflöz Staßfurt in 15 – 20 m nach N und NE	Hauptsächlich Leinsteinsalz Hauptsalz der Staßfurt-Formation im Südstoß und angrenzende Firste, Kalisalzflöz Staßfurt in 20 – 25 m nach N und NE
<ul style="list-style-type: none"> Geringster Abstand zum Deckgebirge (ab Firstniveau) 	120 m (so1Na) an Firstniveau der südwestlichen Kammerecke	20 m (so1Na) an südwestlicher Kammerecke	30 m (so1Na) an südwestlicher Kammerecke	40 m (so1Na) an südöstlicher Kammerecke
<ul style="list-style-type: none"> Salzlösungsvorkommen 	Keine Austrittstellen salinärer Lösung dokumentiert	Keine Austrittstellen salinärer Lösung in der ELK, jedoch im direkten Umfeld und in den Zugängen (Zugang Nr. 2)	Keine Austrittstellen salinärer Lösung in der ELK, jedoch im direkten Umfeld und in den Zugängen (Zugang Nr. 6, 2. südl. Richtstrecke n. Westen)	Keine Austrittstellen salinärer Lösung in der ELK, jedoch im direkten Umfeld (Zugang Nr. 13, 2. südl. Richtstrecke n. Westen)

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 35 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

3.1.2 Zusammenfassung der Ergebnisse der Faktenerhebung

3.1.2.1 Zielstellung und durchgeführte Untersuchungen der Faktenerhebung

Zielstellung der durchgeführten und in Durchführung befindlichen Faktenerhebung ist die Schließung von Kenntnisdefiziten /76/ bezüglich:

- Gase und Aerosole in den Einlagerungskammern und ggf. deren Aktivitätsausbreitung in den Stößen,
- Gebindezustand in den Einlagerungskammern,
- Lösungsvorkommen in den Einlagerungskammern,
- Aufbau der/des Verschlussbauwerke(s) der Einlagerungskammern und
- Gebirgsmechanische Verifizierung, z. B. Zustand der ELK, Schweben und Pfeiler.

In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die Faktenerhebung nicht mit dem hier in diesem Bericht beschriebenen „Erkundungsprogramm“ gleich zu setzen ist, da die Zielstellung der Faktenerhebung u. a. die Übertragbarkeit der lokal an 2 Einlagerungskammern gewonnenen Daten auf andere Einlagerungskammern zeigen sollte /137/. Nichtsdestotrotz sind die gewonnenen Ergebnisse der Untersuchungen der Faktenerhebung wertvoll zur Beschreibung der Methodik und des derzeitigen Sachstandes an den untersuchten Einlagerungskammern, was in diesem Kapitel (3.1.2) und in Anhang 2 zusammenfassend beschrieben ist.

Im Zuge der Faktenerhebung wurden u. a. die ELK 7/750 und ELK 12/750 auf der 750-m-Sohle ausgewählt und Bohrungen als Grundlage für weitere bohrlochgeophysikalische Messungen im Bohrloch bzw. als Zugang für weitere Messungen in der ELK hergestellt. Die Erkundung der ELK 7/750 wurde abgeschlossen. Die Erkundung der ELK 12/750 wird zum Zeitpunkt dieses Berichtes mit der Herrichtung des Bohrortes vorbereitet /137/.

Im näheren Umfeld der ELK 7/750 wurden Bohrungstypen mit folgender unterschiedlicher Zielstellung /75/ abgeteuft und im Anschluss bzw. während der Bohrarbeiten bohrlochgeophysikalische Messungen (vgl. Anhang 2) durchgeführt:

Typ A – Erkundung des Verschlussbauwerkes und des potentiellen, dahinter liegenden Hohlraums durch geplantes, gezieltes Anbohren der ELK,

Typ B – Ermittlung von Hohlräumen in der ELK durch Bohren in die Schweben bzw. das Hangende; Erkundung des Zustandes von Schweben bzw. Hangendem durch Durchhörtern des Umfeldes der ELK,

Typ B_A – Erkundung der Kammerkontur und der ggf. zuvor detektierten Kammerhöhlräume durch geplantes, gezieltes Anbohren der ELK,

Typ D – Erkundung der Tragelemente bzw. Pfeiler durch Durchhörtern des Umfeldes der ELK.

Mittels der erstellten Bohrungen wurden zur Bestimmung verschiedener Parameter folgende Untersuchungen durchgeführt:

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 36 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- Spannungssondierung und Packertests: Charakterisierung des anstehenden Salzgesteins hinsichtlich Permeabilität und Minimalspannung,
- Optischer Bohrlochscan, Bohrlochradarmessung, Seismische Tomografie: Identifizierung von Schädigungen wie Abschaltungen an der Kontur der ELK sowie Klüfte und Auflockerungszonen⁶ im umgebenden Salzgestein der ELK,
- Magnetfeldmessung: Lokalisierung metallischer Körper im Umfeld der Bohrung sowie
- eine visuelle Begutachtung der ELK 7/750.

Eine Übersicht zu den geplanten Bohrungen, welche weitestgehend umgesetzt und für Messungen genutzt wurden sowie deren geplante Ansatz-, Zielpunkte und Verläufe ist in Abbildung 6 enthalten. Informationen zu den detaillierten Ergebnissen der Bohrungsuntersuchungen, deren Ansatzpunkte und Ausführungen sowie den entsprechenden Quellen sind in Kapitel 3.1.2.2 und Anhang 2 zusammengefasst.

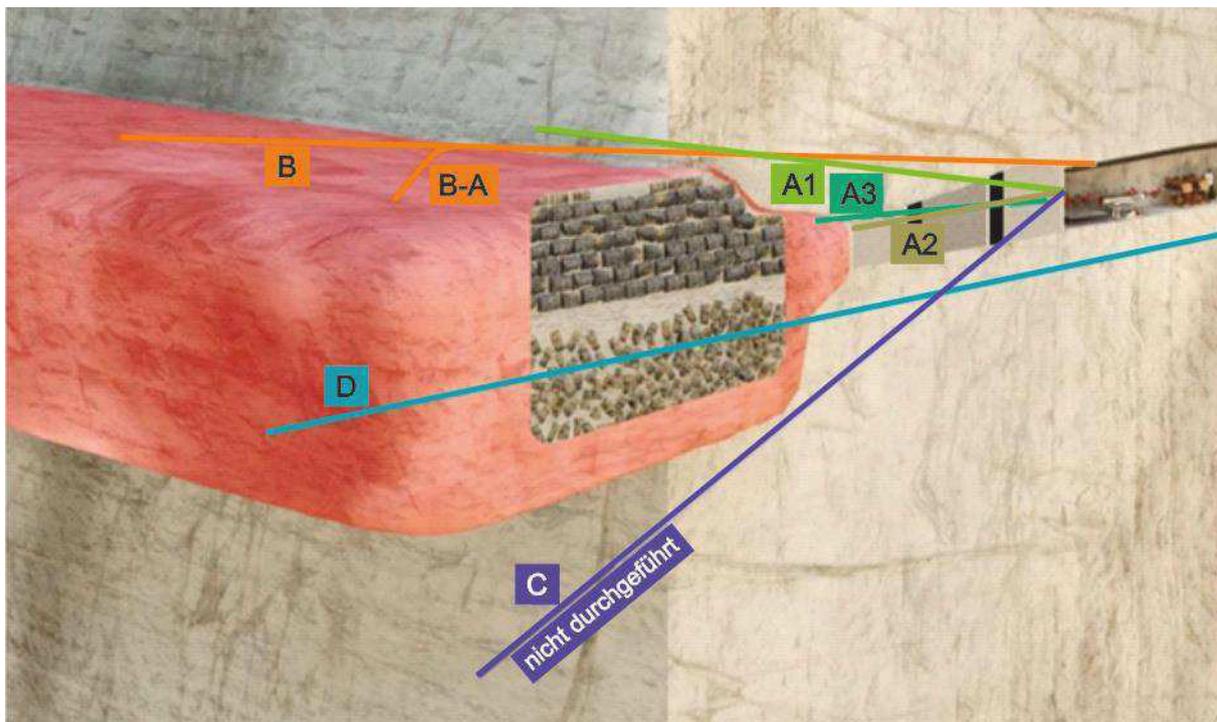


Abbildung 6: Geplante Lage und Bohrungstypen beim Schritt 1 der Faktenerhebung für die ELK 7/750 und Lage der Erkundungsbohrungen A1 und A3 im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der ELK 7/750 (nach /38/); Die jeweiligen Bohrungstypen können im Einzelfall auch als horizontaler bzw. vertikaler Bohrfächer ausgeführt worden sein (s. auch Anhang 2)

⁶ Auflockerungszonen: Zonen, von der Hohlraumkontur ins Gebirge hinein, die sich als Folge der mechanischen Beanspruchung des Gebirges durch Auffahrungen entwickelt (nach /122/)

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 37 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

3.1.2.2 Ergebnisse der Faktenerhebung

Die Messergebnisse aus der Bohrerkundung der ELK 7/750 sowie deren Bewertungen werden von den beauftragten Unternehmen (vgl. Quellenangaben in Anhang 2) wie folgt zusammengefasst:

- Die tatsächlich gemessenen Minimalspannungen (Bohrungen A1 und A3) ergeben eine gute Übereinstimmung mit dem berechneten typischen Spannungszustand aus den numerischen Modellrechnungen /96/.
- Es konnte eine hohe Stützwirkung der Verschlussbauwerke der ELK 7/750 durch sehr guten Kraft- und Formschluss des Betons nachgewiesen werden (Bohrungen A1 und A3). Durch diese hohe Stützwirkung wird Entfestigung und Rissbildung verhindert im Gegensatz zum offenen (nördlichen) Bereich der Carnallitstrecke (vgl. Permeabilitätsmessungen).
- Geringfügige gebirgsmechanische Schädigungen bzw. Auflockerungen über der südl. Richtstrecke n. E., welche aus den Radaruntersuchungen in der Bohrung A1 interpretiert wurden, belegen, dass die plastischen Scher- und Zugdeformationen in der numerischen Modellrechnung /96/ wahrscheinlich unterschätzt sind. Es wurden weiterhin Reflektoren bis in eine Firstteufe von 2 m nachgewiesen, welche Schichtablösungen als Folge der Ablösungsausbreitung repräsentieren können, allerdings ist eine Verifizierung dieser Ergebnisse notwendig.
- Die querschlägigen Pfeilerstauchungen sind an der unteren Baufeldgrenze im Vergleich zu den höher liegenden Sohlen der Südflanke gering.
- In der nördlichen Firstkante sowie im südlichen Kammervorfeld der ELK 7/750 ist ein Bereich relativ großer Spannungsdifferenzen (> 10 MPa) ausgebildet, welcher bei geringer minimaler Druckeinspannung zu erhöhten gebirgsmechanischen Beanspruchungen führt und erhöhte plastische Scherdeformation begünstigt.
- Die Erfassung von Strukturen im Inneren der ELK 7/750 konnte durch einzelne Bohrungen (z. B. B1) nicht realisiert werden. Eine kumulative Auswertung (evtl. weitere Bohrungen) wäre hierzu notwendig.
- Der nördliche und zentrale Schwebenbereich (Bohrungsteufe von 30 bis 38,5 m in der Bohrung B1) ist von Scherbändern und klaffenden Rissen durchzogen und weist die höchsten gemessenen Permeabilitätswerte auf, was einen gebräuchten Schwebenkern anzeigt und vermuten lässt, dass die Schädigungsdeformation in der unmittelbaren Firste tatsächlich grösser ist. Die Verifizierung dieses vermuteten gebrochenen Kernbereiches über die gesamte Schwebenhöhe ist notwendig.
- Der grundsätzliche Beanspruchungs- und Schädigungszustand vom Umfeld der ELK 7/750 ist auf den Bereich des Abbaus 9/750 übertragbar, jedoch ist die Firstschädigung in Form eines Hochbruches (wie in ELK 7/750 nachgewiesen) in numerischen Modellen noch zu berücksichtigen.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 38 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Die nördliche Abbaukante der ELK 7/750 und Schweben bis zur Zerrüttungszone weisen relativ hohe Permeabilitäten auf (Bohrung D1 /91/), was auf die Bildung eines zusammenhängenden Entfestigungsbereiches zwischen dem Schwebenbereich über dem Hochbruch (Zerrüttungszone) und dem Hangenden über der südl. Richtstrecke n. E. hinweist (obwohl im Film der Kamerabefahrung keine Risse zu sehen sind). Das spricht für eine Nachgiebigkeit und eingeschränkte Tragfähigkeit des schmalen Pfeilers zwischen der südl. Richtstrecke n. E. und der ELK 7/750. Die Kamerabefahrung der Bohrung D1 deutet ab ca. 35 m Bohrlochteufe auf Auflockerungen und Scherbeanspruchungen hin. Der anschließende Abschnitt der Zerrüttungszone über dem Hochbruch zeigt sich intensiv zerrüttet (zwischen 50,5 und ca. 57 m Bohrlochteufe). Es wird vermutet, dass es über dem aus der Einlagerungszeit bekannten (mit Fässern gestützten) Hochbruch zu weiteren Bruchprozessen in der Schweben gekommen ist (Permeabilitätswert von $3,5 \times 10^{-14} \text{ m}^2$ bei 50,5 m).

Der Bereich der westlichen Abbaukante und des Hangenden über den beiden Querschlägen zwischen der ELK 7/750 und der ELK 6/750 ist durch relativ hohe minimale Druckeinspannungen (zwischen etwa 8 und 10 MPa) und eine niedrige Permeabilität (zwischen 2 und $4 \times 10^{-22} \text{ m}^2$) gekennzeichnet. Dies spricht, wie auch im Pfeiler der ELK 7/750 zur ELK 11/750 (Bohrung B4), für ein intaktes und dichtes Steinsalzgebirge. Das Hangende über den beiden Querschlägen zur ELK 6/750 ist weder durch eine geringere Druckeinspannung, noch eine erhöhte Permeabilität gekennzeichnet.

Mittels der Bohrlochradarmessungen im östlichen und westlichen Schwebenbereich der ELK 7/750 wurden aus den Bohrungen B1 und B5 Hinweise auf domartige Bruchstrukturen in der Schweben lokalisiert. Da auch in der Bohrung B1 im zentralen östlichen Schwebenbereich Zerrüttungszonen gefunden wurden, ist von einem durchgehenden Verbruch des mittleren Bereiches der Schweben über der ELK 7/750 auszugehen.

Daraus ergibt sich in der Gesamtschau aller vorliegenden Befunde die Existenz eines gebrochenen Kernbereiches über der gesamten Schwebenhöhe, wobei aber auch von einer Ausbreitung der Bruch- und Schädigungszonen in nördliche Richtung bis über die südliche Richtstrecke n. E. ausgegangen werden muss /90/.

Die seismische Tomographie /59/ zwischen den Bohrungen B1.2 und B4 sowie B1.2 und B5 zur Untersuchung der Integrität des Salzes zwischen den Bohrungen zeigt zwar lokale Variationen, jedoch keine extremen Abweichungen von den erwarteten Gesteinsparametern auf. Kleinräumige Klüfte im Zentimeterbereich konnten mit den Messungen nicht aufgelöst werden. Durch Minimalwerte der P- und S-Wellengeschwindigkeit bzw. des Elastizitätsmoduls wurden lokale Entfestigungen des Salzes angezeigt. Die Werte der S-Wellengeschwindigkeit deuten darauf hin, dass keine großräumigen Anomalien mit gravierenden Abweichungen vorhanden sind.

Eine detailliertere Beschreibung der Ergebnisse der Faktenerhebung je Bohrung ist in Anhang 2 beschrieben.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 39 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

3.1.3 Einschätzung des Nutzens der vorliegenden Informationen aus Sicht der Rückholungsplanung

Aufgrund des unterschiedlichen Daten- und Kenntnisstands (v. a. im Ergebnis der bisherigen Faktenerhebung) ist für die Einschätzung der Qualität der vorliegenden Informationen für die Einlagerungskammern der 750-m-Sohle zwischen der ELK 7/750 und den restlichen Einlagerungskammern zu differenzieren:

1. die ELK 7/750, für die im Rahmen der Faktenerhebung das Kenntnisdefizit über die geologischen/hydrogeologischen und gebirgsmechanischen Bedingungen verringert werden konnte und
2. die restlichen Einlagerungskammern⁷ der 750-m-Sohle, für welche kein Kenntniszuwachs über die geologischen/hydrogeologischen und gebirgsmechanischen Bedingungen zu verzeichnen ist. Hierzu zählt bisher auch ELK 12/750, da noch keine Ergebnisberichte zur Faktenerhebung dieser ELK vorliegen.

Entsprechend den Ergebnissen aus dem bereits abgeschlossenen Teil der Faktenerhebung (Kapitel 3.1.2.2) gilt für die ELK 7/750:

- Geologie:

Hinsichtlich der Geologie besteht sowohl stratigraphisch als auch lithologisch eine weitestgehende Übereinstimmung des Risswerks (/9/ – /15/) mit der Vorort-Situation der ELK 7/750.

- Hydrogeologie und Salzlösungsvorkommen:

Austrittsstellen salinärer Lösungen (Kapitel 3.1.1.1) wurden in der ELK 7/750 selbst nicht dokumentiert und bisher im Rahmen der Faktenerhebung auch nicht angetroffen. Das beschriebene feuchte Bohrloch (D1) im östlichen Pfeiler der ELK 7/750 steht im Einklang mit der Austrittsstelle salinärer Lösungen in der Verlängerung des Zugangs 27 der ELK 7/750 (vgl. Tabelle 3).

- ELK-Informationen:

Im Rahmen der Faktenerhebung konnte durch die Bohrung B_A die Kammergeometrie in den untersuchten Bereichen erfasst werden. Infolge dessen sind Anpassungen im Risswerk notwendig (vgl. Anhang 2).

Bereits während der Einlagerungszeit war im nordwestlichen Firstbereich der ELK 7/750 ein Hochbruch mit einer Scheitelhöhe von 2,5 bis 3 m erkennbar. Zur Firststützung wurden in diesen Hochbruch Fässer gestapelt, die aber aufgrund der Nachgiebigkeit des Salzplanums und der Fässer die weitere Rissöffnung nicht verhindert haben /95/. Diese Dokumentation konnte im Rahmen der Faktenerhebung mittels Minimalspannungsmessung im Schwebenbereich der ELK 7/750 (vgl. Anhang 2) bestätigt werden.

⁷ ELK der Kammergruppe Ost (ELK 12/750, ELK 2/750 und ELK 1/750), Kammergruppe Süd ohne ELK 7/750 (ELK 4/750, ELK 5/750, ELK 6/750, ELK 8/750, ELK 10/750 und ELK 11/750) und Kammergruppe Zentral (ELK 2/750 Na2)

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 40 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Die Informationen zur tatsächlichen Mächtigkeit der Schweben zwischen der ELK 7/750 und dem darüber liegenden Abbau 8 der 725-m-Sohle sowie ihren Zustand hinsichtlich Dimension, Integrität, Grad der Schädigung, der Permeabilität und dem vorherrschenden Spannungszustand wurden durch die Bohrungen A1, A3, B1, B1.1, B1.2 und B4 der Faktenerhebung erkundet. Im Resultat (vgl. Kapitel 3.1.2.2) wurden ein zusammenhängender Entfestigungsbereich zwischen dem Schwebenbereich über dem Hochbruch (Zerrüttungszone) und dem Hangenden über der südl. Richtstrecke n. E. sowie domartige Bruchstrukturen in der Schweben der ELK 7/750 festgestellt. Des Weiteren wurden in der nördlichen Firstkante sowie im südlichen Kammervorfeld der ELK 7/750 Bereiche relativ großer Spannungsdifferenzen ($> 10 \text{ MPa}$) festgestellt, welche bei geringer minimaler Druckeinspannung zu erhöhten gebirgsmechanischen Beanspruchungen führten und erhöhte plastische Scherdeformation begünstigten. Darüber hinaus wurde im Rahmen der Faktenerhebung zwar eine gute Übereinstimmung der tatsächlich gemessenen Minimalspannungen, jedoch auch eine Unterschätzung der plastischen Zug- und Scherdeformation im Vergleich mit dem bestehenden globalen 3D Modell festgestellt (vgl. Kapitel 3.1.2.2). Dies hebt die Bedeutung einer messtechnischen Absicherung der lokalen Konvergenzraten für die ELK hervor.

Der tatsächliche, aktuelle Verlauf der ELK-Stöße liegt teilweise aufgrund der Kamerabefahrung sowie realisierter Radarmessungen im Zuge der Faktenerhebung vor, ist jedoch begrenzt auf den für die Kamerabefahrung erreichbaren und unversetzten Bereich. Die weitere Hohlraumkontur in den nicht erreichbaren Bereichen der ELK 7/750 ist derzeit nur aus Fotodokumentationen abschätzbar.

Entsprechend dem bisherigen Kenntnisstand (ohne weitere Durchführung von Erkundung bzw. Erhebung gebirgsmechanischer Daten) gilt für die restlichen Einlagerungskammern der 750-m-Sohle:

Aufgrund der Unzugänglichkeit der restlichen Einlagerungskammern der 750-m-Sohle sowie deren Nahbereich und des geringen Erkundungsgrades dieser sind die dort vorliegenden Informationen zur Geologie zwar bekannt, können aber derzeit nicht verifiziert werden. Hinsichtlich hydrogeologischer, gebirgsmechanischer und ELK-spezifischer Informationen ist der Nutzen dieser aus Sicht der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle als unzureichend zu bewerten, da sie entweder nicht vorliegen oder die Möglichkeit von Wiederholungsmessungen bezüglich gebirgsmechanischer Fragestellungen nicht gegeben ist. Aus diesem Grund basiert die Konzeptplanung der Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle auf entsprechenden Annahmen (u. a. /6/).

3.1.4 Rückschlüsse zu Themenschwerpunkten für zukünftige Erkundung

Der Erhebungsbedarf weiterer Daten leitet sich aus dem in den Kapiteln 3.1.1 und 3.1.2 beschriebenen letzten dokumentierten Stand sowie der Einschätzung des Nutzens der Informationen in Kapitel 3.1.3 ab. Da die Qualität und Quantität der vorliegenden Informationen zwischen ELK 7/750 und den restlichen Einlagerungskammern der 750-m-Sohle stark variiert,

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 41 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

werden zu untersuchende Themenschwerpunkte in Bezug zu den jeweiligen Einlagerungskammern gesetzt (vgl. Tabelle 5, Tabelle 6 und Tabelle 7). Dabei gilt, dass auch bei Daten, deren Erhebung notwendig ist (hellrote Färbung in Tabelle 5, Tabelle 6 und Tabelle 7), ggf. zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal verifiziert (gelbe Färbung in Tabelle 5, Tabelle 6 und Tabelle 7) werden müssen.

Weitere Untersuchungen zur Datenerhebung sind dringend notwendig, um die gebirgsmechanischen Modelle zu validieren und ggf. in Detailmodellen anzupassen, damit diese als Grundlagen bzw. Entscheidungshilfen für eine weitere, sichere Bergbauplanung (sowie die erforderliche Standsicherheitsnachweisführung) für Auffahrungen im Rahmen der Rückholung genutzt werden können. Für die weitere Datenerhebung aus geowissenschaftlicher/bergbaulicher Sicht ist im Wesentlichen die Validierung folgender Aspekte von Bedeutung:

- Geologie (vgl. Tabelle 5):
Im Rahmen einer weiteren Erkundung sind geologische Daten, wie Lithologie (inkl. Internbau des Salinars und Schichtlagerung/Trennflächen) im Nahbereich der jeweiligen ELK, aufzunehmen, um ggf. Abweichungen festzustellen und die bisherigen Erkenntnisse zu verifizieren.
- Hydrogeologie (vgl. Tabelle 5):
Ermittlung der jeweiligen standortspezifischen Gegebenheiten in den jeweiligen Einlagerungskammern bzw. deren Nahbereiche für:
 - Durchfeuchtung von Gebirgsbereichen,
 - Vorhandensein von Salzlösungsvorkommen,
- Gebirgsmechanik (vgl. Tabelle 6 und /137/):
Validierung der Modellvorstellungen anhand der jeweiligen standortspezifischen Gegebenheiten in den jeweiligen Einlagerungskammern bzw. deren Nahbereiche.
 - Globaler Bezug unter Berücksichtigung des gesamten ehemaligen Grubengebäudes,
 - Lokaler Bezug unter Berücksichtigung des Nahbereiches der Einlagerungskammern.

Es wird von einer Fortführung des derzeit bestehenden gebirgsmechanischen Überwachungsprogramms für das Grubengebäude entsprechend der Standortüberwachung /49/ ausgegangen, um für Modellrechnungen zum Zweck einer Tragfähigkeitsanalyse mit globalem Bezug (unter Berücksichtigung des gesamten Grubengebäudes) auch in Zukunft eine Datenbasis bereitstellen zu können. Für den lokalen Bezug ist eine gezielte Anpassung dieses gebirgsmechanischen Überwachungs- und Untersuchungsprogramms im Nahbereich der Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle mit folgenden Themenschwerpunkten notwendig:

- Spannungszustand,
- Konvergenz,
- Permeabilität.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 42 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Darüber hinaus sind Untersuchungen notwendig, die Ableitungen bezüglich folgender Themenschwerpunkte ermöglichen:

- Dimensionierung/Kammergeometrie,
- Schädigung von Tragelementen,
- Auflockerungszonen an ELK-Stößen und -Firste,
- ggf. vorhandene Schwächezonen⁸ im Gebirge im Umfeld der ELK inkl. deren Materialkennwerte (z. B. Festigkeit, Permeabilität).

Gegebenenfalls aus Spannungszuständen resultierende Verformungen umfassen die Dehnung und Stauchung innerhalb eines bestimmten Bereiches und werden u. a. durch Angabe der Minimalspannung und Dilatanz beziffert, was zur Bestimmung der Integrität der anstehenden Gesteine dient. Die Konvergenz entspricht der Volumenverringerung des Hohlraumes über die Zeit aufgrund von Gebirgsdruck. Zur Validierung der modellmäßig aus der globalen Konvergenzrate interpolierten Daten ist eine messtechnische Absicherung der lokalen Konvergenzrate im Nahbereich der Einlagerungskammern angebracht. Die Permeabilität stellt im gebirgsmechanischen Sinn die potentielle Möglichkeit dar, Fluiden Wegsamkeiten durch bestehendes Gebirge zu bieten und ist daher generell hinsichtlich ihres Grades und ihrer Ausbildung zu untersuchen oder zu ermitteln, wenn dazu Rückschlüsse aus anderen untersuchten Parametern möglich wären.

Themenschwerpunkte für die weitere Erkundung, die die Einlagerungskammern selbst betreffen (vgl. Tabelle 7), umfassen vor allem den Hohlraum betreffende Eigenschaften, wie die Lage, Geometrie, Hohlraumkonturen, tatsächliche Pfeiler- und Schwebenstärke und tatsächliche Lage ehemaliger Kammerzugänge oder Verfüllgrad. Daneben ist die Kammeratmosphäre von entscheidender Bedeutung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle. Grundsätzlich ist jedoch festzustellen, dass eine Untersuchung der Kammeratmosphäre am Ende der Phase A der Rückholung unter entsprechenden Schutzmaßnahmen erfolgen kann.

Gesteinskennwerte der verschiedenen anstehenden Salzgesteine sind prinzipiell vorhanden, sollten dennoch in Zukunft nach Möglichkeit bei den durchzuführenden Untersuchungen zur Verifizierung bestimmt werden. Im Hinblick auf die genannten Themenschwerpunkte, die mit einem Erkundungs- und Untersuchungsprogramm abgedeckt sein müssen, wird die Komplexität dieser Aufgabe offensichtlich.

⁸ Schwächezonen: Zonen im Gebirge, in der geologische Störung(en) oder fazielle bzw. lithologische Übergänge bevorzugt Migrationspfade für Lösungen bieten oder, bei Vorhandensein von Auffahrungen in diesem Bereich, zu Löserfällen führen können.

**Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 43 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Tabelle 5: Übersicht über Themenschwerpunkte für jede ELK bezüglich geologischer und hydrogeologischer Fragestellungen sowie SLV (hellrote Färbung = Erkundung/Untersuchung notwendig, gelbe Färbung = Erkundung/Untersuchung fortsetzen bzw. zu späteren Zeitpunkt verifizieren/wiederholen)

ELK	Geologie (insbesondere Lithologie)	Hydrogeologie	SLV
ELK 7/750	Im Zuge der Faktenerhebung durch Bohrungen erkundet, ein feuchtes Bohrloch angetroffen (vgl. Anhang 2)		
ELK 12/750	Lithologische Einheiten, Schichtenlagerung und ggf. Trennflächen identifizieren	Durchfeuchtung identifizieren	ggf. Qualität und Quantität zu messen
ELK 2/750	Lithologische Einheiten, Schichtenlagerung und ggf. Trennflächen identifizieren	Durchfeuchtung identifizieren	ggf. Qualität und Quantität zu messen
ELK 1/750	Lithologische Einheiten, Schichtenlagerung und ggf. Trennflächen identifizieren	Durchfeuchtung identifizieren	ggf. Qualität und Quantität zu messen
ELK 10/750	Lithologische Einheiten, Schichtenlagerung und ggf. Trennflächen identifizieren	Durchfeuchtung identifizieren	ggf. Qualität und Quantität zu messen
ELK 8/750	Lithologische Einheiten, Schichtenlagerung und ggf. Trennflächen identifizieren	Durchfeuchtung identifizieren	ggf. Qualität und Quantität zu messen
ELK 4/750	Lithologische Einheiten, Schichtenlagerung und ggf. Trennflächen identifizieren	Durchfeuchtung identifizieren	ggf. Qualität und Quantität zu messen
ELK 5/750	Lithologische Einheiten, Schichtenlagerung und ggf. Trennflächen identifizieren	Durchfeuchtung identifizieren	ggf. Qualität und Quantität zu messen
ELK 6/750	Lithologische Einheiten, Schichtenlagerung und ggf. Trennflächen identifizieren	Durchfeuchtung identifizieren	ggf. Qualität und Quantität zu messen
ELK 11/750	Lithologische Einheiten, Schichtenlagerung und ggf. Trennflächen identifizieren	Durchfeuchtung identifizieren	ggf. Qualität und Quantität zu messen
ELK 2/750 Na2	Lithologische Einheiten, Schichtenlagerung und ggf. Trennflächen identifizieren	Durchfeuchtung identifizieren	ggf. Qualität und Quantität zu messen

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 44 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Tabelle 6: Übersicht über Themenschwerpunkte für jede ELK bezüglich gebirgsmechanischer Fragestellungen (hellrote Färbung = Erkundung/Untersuchung notwendig, gelbe Färbung = Erkundung/Untersuchung fortsetzen bzw. zu späteren Zeitpunkt verifizieren/wiederholen)

ELK	Spannungszustand	Konvergenz	Permeabilität	Schädigung	Auflockerungszone	Schwächezone
ELK 12/750	Messung in Hangendem/Schwebe und Pfeiler nötig	Messung vertikaler/horizontaler Komponenten in offenen Hohlräumen	Messung der Größenordnung nötig	Grad, Art, Lokation zu erkunden	Größe und Ausbildung zu erkunden	Vorhandensein, Materialkennwerte zu erkunden
ELK 2/750	Messung in Hangendem/Schwebe und Pfeiler nötig	Messung vertikaler/horizontaler Komponenten in offenen Hohlräumen	Messung der Größenordnung nötig	Grad, Art, Lokation zu erkunden	Größe und Ausbildung zu erkunden	Vorhandensein, Materialkennwerte zu erkunden
ELK 1/750	Messung in Hangendem/Schwebe und Pfeiler nötig	Messung vertikaler/horizontaler Komponenten in offenen Hohlräumen	Messung der Größenordnung nötig	Grad, Art, Lokation zu erkunden	Größe und Ausbildung zu erkunden	Vorhandensein, Materialkennwerte zu erkunden
ELK 5/750	Messung in Hangendem/Schwebe und Pfeiler nötig	Messung vertikaler/horizontaler Komponenten in offenen Hohlräumen	Messung der Größenordnung nötig	Grad, Art, Lokation zu erkunden	Größe und Ausbildung zu erkunden	Vorhandensein, Materialkennwerte zu erkunden
ELK 6/750	Messung in Hangendem/Schwebe und Pfeiler nötig	Messung vertikaler/horizontaler Komponenten in offenen Hohlräumen	Messung der Größenordnung nötig	Grad, Art, Lokation zu erkunden	Größe und Ausbildung zu erkunden	Vorhandensein, Materialkennwerte zu erkunden

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 45 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

ELK	Spannungszustand	Konvergenz	Permeabilität	Schädigung	Auflockerungszone	Schwächezone
ELK 7/750	Im Zuge der Faktenerhebung erkundet (vgl. Anhang 2)	Messung vertikaler/horizontaler Komponenten in offenen Hohlräumen	Im Zuge der Faktenerhebung erkundet (vgl. Anhang 2)	Gebräucher Schwebekern im Zuge der Faktenerhebung nachgewiesen (vgl. Anhang 2)		
ELK 11/750	Messung in Hangendem/Schwebe und Pfeiler nötig	Messung vertikaler/horizontaler Komponenten in offenen Hohlräumen	Messung der Größenordnung nötig	Grad, Art, Lokation zu erkunden	Größe und Ausbildung zu erkunden	Vorhandensein, Materialkennwerte zu erkunden
ELK 2/750 Na2	Messung in Hangendem/Schwebe und Pfeiler nötig	Messung vertikaler/horizontaler Komponenten in offenen Hohlräumen	Messung der Größenordnung nötig	Grad, Art, Lokation zu erkunden	Größe und Ausbildung zu erkunden	Vorhandensein, Materialkennwerte zu erkunden
ELK 10/750	Messung in Hangendem/Schwebe und Pfeiler nötig	Messung vertikaler/horizontaler Komponenten in offenen Hohlräumen	Messung der Größenordnung nötig	Grad, Art, Lokation zu erkunden	Größe und Ausbildung zu erkunden	Vorhandensein, Materialkennwerte zu erkunden
ELK 8/750	Messung in Hangendem/Schwebe und Pfeiler nötig	Messung vertikaler/horizontaler Komponenten in offenen Hohlräumen	Messung der Größenordnung nötig	Grad, Art, Lokation zu erkunden	Größe und Ausbildung zu erkunden	Vorhandensein, Materialkennwerte zu erkunden
ELK 4/750	Messung in Hangendem/Schwebe und Pfeiler nötig	Messung vertikaler/horizontaler Komponenten in offenen Hohlräumen	Messung der Größenordnung nötig	Grad, Art, Lokation zu erkunden	Größe und Ausbildung zu erkunden	Vorhandensein, Materialkennwerte zu erkunden

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm						 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 46 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Tabelle 7: Übersicht über Themenschwerpunkte für jede ELK bezüglich ELK-Informationen (rote Färbung = Erkundung/Untersuchung notwendig, gelbe Färbung = Erkundung/Untersuchung fortsetzen bzw. zu späteren Zeitpunkt verifizieren/wiederholen)

ELK	Hohlraumlage inkl. tatsächliche Lage der ehemaligen Zugänge	Hohlraumgeometrie/-dimension	Hohlraumkonturen	Kammeratmosphäre (Strahlenschutz hier nicht enthalten, siehe Abschnitt 4.4)	Verfüllgrad
ELK 12/750	Position zu verifizieren/ konkret zu erfassen	Messung/Erkundung von Dimension, Abmessung sowie Mächtigkeit der Schwebel	Verläufe Stöße, Firste, Sohle zu erkunden Ableitung von tatsächlichen Pfeiler- und Schwebelstärken	Untersuchung auf Gase (toxisch, explosiv, brennbar) nötig	Untersuchung Firstspalt und ggf. Versatzmaterial sowie Messung Versatzdruck
ELK 2/750	Position zu verifizieren/ konkret zu erfassen	Messung/Erkundung von Dimension, Abmessung sowie Mächtigkeit der Schwebel	Verläufe Stöße, Firste, Sohle zu erkunden Ableitung von tatsächlichen Pfeiler- und Schwebelstärken	Untersuchung auf Gase (toxisch, explosiv, brennbar) nötig	Untersuchung Firstspalt und ggf. Versatzmaterial sowie Messung Versatzdruck
ELK 1/750	Position zu verifizieren/ konkret zu erfassen	Messung/Erkundung von Dimension, Abmessung sowie Mächtigkeit der Schwebel	Verläufe Stöße, Firste, Sohle zu erkunden Ableitung von tatsächlichen Pfeiler- und Schwebelstärken	Untersuchung auf Gase (toxisch, explosiv, brennbar) nötig	Untersuchung Firstspalt und ggf. Versatzmaterial sowie Messung Versatzdruck
ELK 5/750	Position zu verifizieren/ konkret zu erfassen	Messung/Erkundung von Dimension, Abmessung sowie Mächtigkeit der Schwebel	Verläufe Stöße, Firste, Sohle zu erkunden Ableitung von tatsächlichen Pfeiler- und Schwebelstärken	Untersuchung auf Gase (toxisch, explosiv, brennbar) nötig	Untersuchung Firstspalt und ggf. Versatzmaterial sowie Messung Versatzdruck

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 47 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

ELK	Hohlraumlage inkl. tatsächliche Lage der ehemaligen Zugänge	Hohlraumgeometrie/-dimension	Hohlraumkonturen	Kammeratmosphäre (Strahlenschutz hier nicht enthalten, siehe Abschnitt 4.4)	Verfüllgrad
ELK 6/750	Position zu verifizieren/ konkret zu erfassen	Messung/Erkundung von Dimension, Abmessung sowie Mächtigkeit der Schwebe	Verläufe Stöße, Firste, Sohle zu erkunden Ableitung von tatsächlichen Pfeiler- und Schwebenstärken	Untersuchung auf Gase (toxisch, explosiv, brennbar) nötig	Untersuchung Firstspalt und ggf. Versatzmaterial sowie Messung Versatzdruck
ELK 7/750	Im Zuge der Faktenerhebung teilweise erkundet bzw. aus den Ergebnissen ableitbar (vgl. Anhang 2)				
ELK 11/750	Position zu verifizieren/ konkret zu erfassen	Messung/Erkundung von Dimension, Abmessung sowie Mächtigkeit der Schwebe	Verläufe Stöße, Firste, Sohle zu erkunden Ableitung von tatsächlichen Pfeiler- und Schwebenstärken	Untersuchung auf Gase (toxisch, explosiv, brennbar) nötig	Untersuchung Firstspalt und ggf. Versatzmaterial sowie Messung Versatzdruck
ELK 2/750 Na2	Position zu verifizieren/ konkret zu erfassen	Messung/Erkundung von Dimension, Abmessung sowie Mächtigkeit der Schwebe	Verläufe Stöße, Firste, Sohle zu erkunden Ableitung von tatsächlichen Pfeiler- und Schwebenstärken	Untersuchung auf Gase (toxisch, explosiv, brennbar) nötig	Untersuchung Firstspalt und ggf. Versatzmaterial sowie Messung Versatzdruck
ELK 10/750	Position zu verifizieren/ konkret zu erfassen	Messung/Erkundung von Dimension, Abmessung sowie Mächtigkeit der Schwebe	Verläufe Stöße, Firste, Sohle zu erkunden Ableitung von tatsächlichen Pfeiler- und Schwebenstärken	Untersuchung auf Gase (toxisch, explosiv, brennbar) nötig	Untersuchung Firstspalt und ggf. Versatzmaterial sowie Messung Versatzdruck

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 48 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

ELK	Hohlraumlage inkl. tatsächliche Lage der ehemaligen Zugänge	Hohlraumgeometrie/-dimension	Hohlraumkonturen	Kammeratmosphäre (Strahlenschutz hier nicht enthalten, siehe Abschnitt 4.4)	Verfüllgrad
ELK 8/750	Position zu verifizieren/ konkret zu erfassen	Messung/Erkundung von Dimension, Abmessung sowie Mächtigkeit der Schwebe	Verläufe Stöße, Firste, Sohle zu erkunden Ableitung von tatsächlichen Pfeiler- und Schwebenstärken	Untersuchung auf Gase (toxisch, explosiv, brenn- bar) nötig	Untersuchung Firstspalt und ggf. Versatzmaterial sowie Messung Versatz- druck
ELK 4/750	Position zu verifizieren/ konkret zu erfassen	Messung/Erkundung von Dimension, Abmessung sowie Mächtigkeit der Schwebe	Verläufe Stöße, Firste, Sohle zu erkunden Ableitung von tatsächlichen Pfeiler- und Schwebenstärken	Untersuchung auf Gase (toxisch, explosiv, brenn- bar) nötig	ELK nicht verfüllt

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 49 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

3.2 In der SchachanlageASSE II derzeit angewandte Erkundungs- und Monitoringverfahren

In Kapitel 3.1.4 konnte der Bedarf zur Erhebung weiterer Daten ausgewiesen werden. Für die Durchführung von weiteren Erkundungen der Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle (ausgenommen ELK 7/750) sind folgende Prämissen zu berücksichtigen:

- Es müssen je nach Erkundungsverfahren brand- und explosionsschutztechnische sowie sicherheitstechnische Maßnahmen ergriffen werden (/40/; /41/).
- Radiologische Zustände vor Ort sind zu beachten. Kontaminationsverschleppungen in das restliche Grubengebäude sind zu vermeiden.
- Für eine angemessene Bewetterung muss gesorgt sein.
- Direkte Erkundungen (nicht zerstörungsfrei) an den eingelagerten Gebinden werden nicht durchgeführt.
- First- und Stoßsicherheit ist herzustellen.
- Je nach Erkundungsverfahren sind ggf. erforderliche Sonderbetriebspläne zu erstellen und genehmigen zu lassen.
- Bestehende, ggf. zu ergänzende Brandschutz-, Rettungs- und Fluchtpläne sowie weitere Sicherheitskonzepte sind zu beachten.
- Die Festlegungen des Genehmigungs- respektive Anzeigeumfangs sowie des strahlenschutzrelevanten betrieblichen Regelwerks sind zu beachten, vgl. Kapitel 4.
- Bestehende strahlenschutztechnische Regularien zu Probenahmen von Gasen, Flüssigkeiten und Feststoffen sind zu beachten.
- Berg-, atom- und strahlenschutzrechtliche Regelungen und/oder Vorgaben sind einzuhalten.

Detaillierte Erläuterungen zu den einzelnen direkten und indirekten Erkundungsverfahren sind in /1/ enthalten. Erkundungsverfahren können in

- nicht zerstörungsfreie (direkte, invasive) Verfahren, z. B.
 - Bohrungen mit und ohne Kerngewinn,
 - Entnahme von Block-, Schlitz- und Handproben

und

- zerstörungsfreie (indirekte, nicht invasive) Verfahren, z. B.
 - geologische Kartierung,
 - Bohrlochscan, Laser-, Schall- und optischer Scan
 - Sonar,

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 50 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- Geoelektrik,
- Georadar,
- Geomagnetik,
- Gravimetrie,
- Seismik

unterteilt werden. Es ist zu beachten, dass je nach Verfahren und Aufgabenstellung für eine Vielzahl der eigentlich zerstörungsfreien Verfahren (z. B. Georadar) die Anwendung in einem Bohrloch stattfindet und somit diese Verfahren ebenfalls unter Umständen der Herstellung eines Bohrloches bedürfen.

3.2.1 In der Schachanlage Asse II derzeit angewandte Erkundungsverfahren im Überblick

Beim Betreiber der Schachanlage Asse II liegen umfangreiche Erfahrungen hinsichtlich des Erstellens von Erkundungsbohrungen von wenigen Zehnermetern bis hin zu einigen hundert Metern Länge vor (/24/; /21/; /44/). Diese umfassen u. a. die Erprobung von Bohrtechniken und Arbeitsabläufen (u. a. /45/). Die Erkundung der Schweben und Pfeiler von Abbauen mittels Bohrungen ist beispielsweise bereits Bestandteil des Hauptbetriebsplanes /35/ sowie von Sonderbetriebsplänen (u. a. /22/; /34/). Daneben wurden Firstkontrollbohrungen zur Erkundung von Schwächezonen /49/ und eigens erstellte Bohrungen zur Messung von Permeabilität (/83/; /57/; /46/; /52/) abgeteuft. Auch das Anbohren einer ELK wurde im Zuge der Faktenerhebung geplant /36/ und durchgeführt /74/. Dabei wurden für bestimmte Bohrabschnitte (z. B. Bitumen, Asphalt) spezielle Bohrkronensysteme verwendet, die bereits auf ihre Handhabung hin überprüft worden sind /25/. Methodische und technische Detailinformationen zur Bohrerkundung sind u. a. /38/, /36/ und /32/ zu entnehmen.

Im Vorfeld von Erkundungsbohrungen sind notwendige Sicherheitseinrichtungen zur Vermeidung von Lösungs- und Gasaustritten /32/ zu installieren. Die Bohrerkundung selbst wird neben den Messungen für die verschiedenen zu erkundenden Parametern von weiteren Bohrlochmessungen (Kaliber, Bohrlochverlaufsmessung etc.) begleitet. Diese dienen einerseits zur Kontrolle des Bohrlochs und werden andererseits vor dem Hintergrund spezieller Fragestellungen durchgeführt. Weiterhin werden sie für die Kalibrierung und Korrektur der geophysikalischen Messungen benötigt. Da diese Verfahren standardmäßig bei der Bohrerstellung zur Bohrlochdokumentation eingesetzt werden (müssen) und keinen eigentlichen Erkundungszweck verfolgen, werden sie im Folgenden nicht extra als relevante Erkundungsverfahren behandelt.

Es besteht generell die Möglichkeit, Gasproben für weiterführende Untersuchungen zu gewinnen. Außerdem können ggf. notwendige Abdichtungen, z. B. durch Injektion, in einem bestehenden Bohrloch durchgeführt werden /38/. Am Ende der Erkundungsarbeiten sind Bohrungen ggf. zu verschließen /26/.

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 51 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Darüber hinaus wird das aus den direkten Erkundungsverfahren gewonnene Probenmaterial u. a. genutzt, um daran Laboruntersuchungen, z. B. zu gesteinsmechanischen Parametern sowie chemischer und mineralogischer Zusammensetzung durchzuführen. Die chemische Analyse wird ebenso an Lösungsproben der SLV durchgeführt (vgl. Kapitel 3.2.2).

Eine tabellarische Zusammenfassung der möglichen zerstörungsfreien Erkundungsverfahren für die gezielte Untersuchung spezieller Fragestellungen und deren Einsatzbereiche zur Erlangung eines räumlichen Bildes des Untergrundes sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Dort sind neben der Nennung der jeweiligen Erkundungsverfahren auch die jeweiligen Erkundungsziele, wesentliche Vorteile, ggf. besondere Voraussetzungen sowie Grenzen und negative Einflüsse dargestellt. Daneben wird darüber informiert, ob das genannte Verfahren im Salzbergbau allgemein bzw. in der Schachtanlage Asse II speziell angewandt wird oder wurde. Der zeitliche Aufwand der Messung und der Messauswertung ist u. a. vom Grad der Detailliertheit abhängig. So ist die quantitative Interpretation einer Anomalie aufwendiger als die Feststellung der Anomalie selbst. Je nach Fragestellung der Erkundung führt oftmals die Kombination von mehreren Erkundungsverfahren zu einer größeren Bestimmtheit und Belastbarkeit der Ergebnisse.

Für die Erstellung der Übersicht in Tabelle 8 wurden folgende Quellen verwendet: /1/; /22/; /24/; /25/; /20/; /17/; /18/; /19/; /38/; /39/; /30/; /31/; /32/; /52/; /49/; /45/; /46/; /53/; /55/; /56/; /58/; /76/; /70/; /66/; /77/; /78/; /82/; /83/; /92/; /97/; /98/; /99/; /100/; /105/; /106/; /113/; /115/; /117/; /118/; /119/; /120/; /121/; /123/.

Tabelle 8: Zusammenfassung der für die gezielte (Bohrloch-)Untersuchung spezieller Fragestellungen ausgewählten Erkundungsverfahren und deren Einsatzbereiche zur Erlangung eines räumlichen Bildes des Untergrundes

Methode	Allgemeines/typisches Erkundungsziel	Wesentliche Vorteile	Besondere Voraussetzungen	Wesentliche Grenzen/ Reichweite der Aussagekraft	Wesentliche negative Einflüsse	Stand der Technik im Salzbergbau	Erprobung/Anwendung Schachanlage Asse II	Messintervalle
Untertägige geologische Aufnahme (Kartierung und Bohrkernaufnahme)	Dokumentation und Bewertung von <ul style="list-style-type: none"> Lithologie Fazies Struktur und Tektonik Besonderheiten etc. 	Geringer Materialaufwand	-	sichere Informationen nur zu dem direkt anstehenden Bereich	-	ja	ja	Einmalig je Lokation/Bohrloch
Kamerabefahrung	Visualisierung von <ul style="list-style-type: none"> Aufbau von Verschlussbauwerken Beschaffenheit von Bohrungen Lagerung Lithologische Wechsel Äußerlicher Zustand von Gebinden Feuchtstellen Rissen und Auflockerungen 	Vorliegen der Informationen in kurzer Zeit mit geringem Materialaufwand	<ul style="list-style-type: none"> Erfordert zwingend die Herstellung/Vorhandensein einer Bohrung Luft- bzw. mit klarer Lösung erfülltes Bohrloch die erforderlichen Bohrl Lochdurchmesser sind in Abhängigkeit des Messquipments fallbezogen festzulegen 	sichere Informationen nur zu dem direkt anstehenden Bereich Nicht in jedem Fall eindeutig	<ul style="list-style-type: none"> Ablagerungen an der Bohrlochwand, Bohrlochwandausbrüche Trübung von Lösungen im Bohrloch 	ja	ja	Einmalig je Bohrloch
Bohrloch-Scan OPTV – optische Scanner BHTV – akustische Scanner	Visualisierung und Darstellung von <ul style="list-style-type: none"> Lithologie Struktur Klüften, Rissen (inkl. Einmessung) und Auflockerungszonen Bohrlochkontur (Rauigkeit) 	OPTV: <ul style="list-style-type: none"> Hochaufgelöst Orientiertes 360°-Abbild der Bohrlochwand Echtfarben BHTV: <ul style="list-style-type: none"> in Bohrung mit trüber Lösung anwendbar 	<ul style="list-style-type: none"> Erfordert zwingend die Herstellung/Vorhandensein einer Bohrung die erforderlichen Bohrl Lochdurchmesser sind in Abhängigkeit des Messquipments fallbezogen festzulegen OPTV: mit Luft- bzw. mit klarer Flüssigkeit erfülltes Bohrloch BHTV: mit Lösung gefüllte Bohrung, wobei Lösung nicht klar sein muss 	<ul style="list-style-type: none"> Störkörper im Fernbereich mit vergleichbarem Signal wie gleichartige, aber kleinere Störkörper im Nahbereich Je nach Sondentyp ausschließlich ferromagnetische Anomalien (OPTV) oder Nichtferromagnetische Metalle (Vallon-Sonde) detektiert 	<ul style="list-style-type: none"> Ablagerungen an der Bohrlochwand, Bohrlochwandausbrüche OPTV: Trübung von Lösungen im Bohrloch 	ja	ja	Einmalig je Bohrloch
Laser Mit Hilfe von Lasersystemen	<ul style="list-style-type: none"> Bestimmung von Hohlräumen (Geometrie, Oberflächeninhalt, Volumen, Kontur) durch rasterartiges Erfassen Entfernungs- und Winkelmessungen 	<ul style="list-style-type: none"> Mobile Messsysteme für unzugängliche Bereiche Anwendung in flüssigen und gasförmigen Medien möglich RGB-Farben ermittelbar, wenn Lasersystem über kalibrierte Digitalkamera verfügt Auflösung bis 1 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Physische Verbindung zum zu vermessenden Hohlraum Ausreichende Ausleuchtung bei Verwendung kalibrierter Digitalkamera 	<ul style="list-style-type: none"> Sondenlängen und Durchmesser bei Transport durch Bohrloch Reichweite je nach Modell über 500 m 	Störsignale (z. B. Oberflächentanzungen) können Messergebnisse beeinflussen	ja	ja	Einmalig je Lokation/Bohrloch wiederholend (zeitliche Entwicklung)

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 53 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	

Methode	Allgemeines/typisches Erkundungsziel	Wesentliche Vorteile	Besondere Voraussetzungen	Wesentliche Grenzen/ Reichweite der Aussagekraft	Wesentliche negative Einflüsse	Stand der Technik im Salzbergbau	Erprobung/Anwendung Schachanlage Asse II	Messintervalle
Sonar Mit Hilfe von Ultraschallsystemen	Bestimmung von <ul style="list-style-type: none"> Hohlräumen (Geometrie, Oberflächeninhalt, Volumen) Gesteinsarten, Auflockerungszonen, Rissen, Klüften (bei direkter Ankopplung an das Gebirge) Messung akustisches Wellenfeld im Gebirge	<ul style="list-style-type: none"> Mobile Messsysteme für unzugängliche Bereiche Anwendung in flüssigen und gasförmigen Medien möglich Keine Signaldämpfung aufgrund von Durchfeuchtungsbereichen 	<ul style="list-style-type: none"> Erfordert in einigen Fällen die Herstellung/Vorhandensein einer Bohrung die erforderlichen Bohrl Lochdurchmesser sind in Abhängigkeit des Messequipments fallbezogen festzulegen Physische Verbindung zum zu vermessenden Hohlraum 	<ul style="list-style-type: none"> Hohe Auflösung korreliert mit hohen Frequenzen und geringer Eindringtiefe Abschalungen, Klüfte, Risse und Hohlräume gut detektiert, wobei aufgrund fast vollständiger Reflexion der Ultraschallwellen begrenzte Eindringtiefe Sondenlängen und Durchmesser bei Transport durch Bohrloch 	<ul style="list-style-type: none"> Störsignale (z. B. Oberflächentanzten) können Messergebnisse bei Hohlraumvermessung beeinflussen Erschwerte Ankopplung bei unregelmäßiger Bohrloch- bzw. Stoßkontur 	ja	nein	Einmalig je Lokation/Bohrloch wiederholend (zeitliche Entwicklung)
Geoelektrik Elektromagnetisches Verfahren Verfahrensführung in Strecke oder Bohrloch	Lokalisierung von <ul style="list-style-type: none"> Durchfeuchtungen Lösungsvorkommen Metallischen Ablagerungen 		<ul style="list-style-type: none"> Ankopplung der Elektroden bei Abschaltungen gewährleisten Erfordert je nach Verfahrensführung ggf. die Herstellung/Vorhandensein einer oder mehrerer Bohrungen, die lösungserfüllt sein müssen (elektrisch leitfähiges Medium zwischen Elektroden und Gesteinsformation) 	Korrosion kann Stärke magnetischer Anomalien verändern	<ul style="list-style-type: none"> Starke Anfälligkeit für Störsignale (z. B. Magnetfelder stromdurchflossener Leiter, metallische Einbauten) Luftgefüllte Klüfte und Hohlräume erschweren Detektion 	Ja, wengleich auch kein Standardverfahren im produzierenden Salzbergbau	ja	Einmalig je Lokation/Bohrloch
Sonderfall – Metalldetektor Elektromagnetische Induktion	Ortung von Metallobjekten im Untergrund	<ul style="list-style-type: none"> Schnell, preisgünstig und empfindlich geringe Beeinflussung durch nahe seitliche Metallobjekte Auflösung Metallobjekte nahezu unabhängig von Leitfähigkeit des Gebirges 	Messprofile nach Möglichkeit senkrecht zu lang ausgedehnten Objekten	<ul style="list-style-type: none"> Reichweite i. d. R. wenige Dezimeter; bei Spezialausrüstung wenige Meter Lagegenauigkeit abhängig von Größe und Tiefenlage (Zentimeter, Dezimeter) Einzelobjekte nicht näher definierbar 	Störsignale durch metallische Einbauten (z. B. Anker) und Gegenstände bei zu geringen Abständen zum Messort	nein	nein	Einmalig je Lokation
Georadar Auch EMR; elektromagnetische Reflexionsmessung Elektromagnetisches Verfahren Streckenradar Bohrlochradar („Cross-hole“-Messungen möglich)	Bestimmung von <ul style="list-style-type: none"> Lithologischen Grenzen Lösern Strukturellen Besonderheiten (Störungen, Klüfte, etc.) Hohlräumen, Hohlraumkonturen Auflockerungszonen 	<ul style="list-style-type: none"> Auflösung und Eindringtiefe entsprechend unterschiedlicher Frequenzen wählbar 	<ul style="list-style-type: none"> Erfordert ggf. die Herstellung/Vorhandensein einer oder mehrerer Bohrungen, die luftgefüllt sein sollten die erforderlichen Bohrl Lochdurchmesser sind in Abhängigkeit des Messequipments fallbezogen festzulegen Für Streckengeoradar muss eine von der Lage/ 	<ul style="list-style-type: none"> Einlagerungen (z. B. Ton, Anhydrit) reduzieren Eindringtiefe Richtungsbestimmung von Reflektoren unter Tage nur mit Mehraufwand Bei niedrigen Frequenzen große Eindringtiefe 	<ul style="list-style-type: none"> Lösungen bzw. Feuchtigkeit führen zu Reflektorausfällen Komplexe Strukturen erschweren Auswertung (in diesem Fall Messungen in alle Richtungen mit unterschiedlichen Frequenzen und Antennenpolarisationen empfehlenswert) 	ja	ja	Einmalig je Lokation/Bohrloch wiederholend (zeitliche Entwicklung)

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 54 von 117 Stand: 11.12.2020
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	

Methode	Allgemeines/typisches Erkundungsziel	Wesentliche Vorteile	Besondere Voraussetzungen	Wesentliche Grenzen/ Reichweite der Aussagekraft	Wesentliche negative Einflüsse	Stand der Technik im Salzbergbau	Erprobung/Anwendung Schachtanlage Asse II	Messintervalle
	<ul style="list-style-type: none"> Durchfeuchtungszonen Metallischen und nicht-metallischen Einlagerungen 		Ausrichtung her passende aufgefahrenen Strecke vorhanden sein	<ul style="list-style-type: none"> von mehreren hundert Metern möglich Bei hohen Frequenzen Detektion kleiner Strukturen Lage der Reflektoren zur Bohrspur/Messprofil 	<ul style="list-style-type: none"> Durchbauungsgrad, vorhandene Bohrungen 			
Geomagnetik Potentialverfahren Messung der magnetischen Feldstärke	Bestimmung von <ul style="list-style-type: none"> Anomalien im Bezug zum Erdmagnetfeld Tiefe und Geometrie magnetischer Objekte 	<ul style="list-style-type: none"> Anwendung in flüssigen und gasförmigen Medien möglich 	<ul style="list-style-type: none"> Erfordert ggf. die Herstellung/Vorhandensein einer oder mehrerer Bohrungen 	<ul style="list-style-type: none"> Mehrdeutigkeit: unterschiedliche Störkörper können dieselbe Anomalie hervorrufen 	<ul style="list-style-type: none"> Korrosion kann die Stärke magnetischer Anomalien verändern Beeinflussung durch magnetisch wirksame Gegenstände 	nein	ja	Einmalig je Lokation/Bohrloch
Gravimetrie Potentialverfahren Messung von Anomalien im Schwerefeld	Bestimmung von <ul style="list-style-type: none"> Dichteinhomogenitäten Lagerungsteufe, laterale Erstreckung und Mächtigkeit von Schwereanomalien 	<ul style="list-style-type: none"> Keine Beeinflussung durch metallische Objekte Anwendung in flüssigen und gasförmigen Medien möglich 	<ul style="list-style-type: none"> Lage- und Höhenmessung Erfordert ggfs. die Herstellung einer Bohrung die erforderlichen Bohrl Lochdurchmesser sind in Abhängigkeit des Messequipments fallbezogen festzulegen Erfordert gesicherte Angaben über gesteinsdichten im Untersuchungsbereich 	<ul style="list-style-type: none"> Keine Durchführung in senkrechten Bohrungen Aufwendige Korrekturen bei Anwendung untertage Aussagekraft abhängig von Größe der Schwereanomalie 	<ul style="list-style-type: none"> Hoher Messaufwand Potentialtheoretisch bedingte Unschärfe bedingt immer Zusatzinformationen zur Interpretation der Messergebnisse 	Ja (obwohl kein Standardverfahren im produzierenden Salzbergbau)	nein	Einmalig je Lokation/Bohrloch
Seismik Gezielte Anregung elastischer Wellen und Messung der Wellengeschwindigkeiten Refraktionsseismik, Reflexionsseismik	Bestimmung von <ul style="list-style-type: none"> geologischen Strukturen lithologischen und faziellen Grenzen Auflockerungszonen Hohlräumen Elastischen Parametern (z. B. Poissonzahl) 	<ul style="list-style-type: none"> „Crosshole Tomographie“ zwischen Bohrungen möglich Keine Beeinflussung durch metallische Objekte Anwendung in flüssigen und gasförmigen Medien möglich 	<ul style="list-style-type: none"> Energiequelle Kenntnis geologischer Randbedingungen Erfordert ggf. die Herstellung/Vorhandensein einer Bohrung die erforderlichen Bohrl Lochdurchmesser sind in Abhängigkeit des Messequipments fallbezogen festzulegen 	<ul style="list-style-type: none"> Auflösevermögen abhängig von Wellenlänge des Signals Komplexe Strukturen können in Verbindung mit ungünstiger Messanordnung Auswertung erschweren Lage der Reflektoren zur Bohrspur/Messprofil 	Seismische Wellen werden in Auflockerungszonen gebeugt und gestreut, was die Bestimmung von Einsatzzeiten der Wellen erschwert	ja	ja	Einmalig je Lokation/Bohrloch

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 55 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

3.2.2 In der Schachanlage Asse II derzeit angewandte Monitoringverfahren im Überblick

Neben der Erkundung verschiedener zweckgerichteter Fragestellungen erfolgt zum Zweck der hydrogeologischen, gebirgsmechanischen Datenerhebung und Beobachtung (vgl. Tabelle 8) die Überwachung der Schachanlage Asse II durch verschiedene Monitoringverfahren. Zu den hierbei derzeit und in der Vergangenheit genutzten Verfahren gehören:

- Salzlösungskataster,
- Spannungsmessungen,
- Konvergenzmessungen,
- Permeabilitätsmessungen
- Extensometermessungen,
- Mikroseismische Erfassung,
- Mikroakustik und
- markscheiderische Messungen.

Detaillierte Erläuterungen zu den einzelnen Monitoringverfahren sind in /1/ enthalten. Die derzeit angewandten Verfahren dienen insbesondere der fortlaufenden Beurteilung der Tragfähigkeit von Tragelementen und/oder der Gebrauchstauglichkeit von Grubenhohlräumen im Rahmen von gebirgsmechanischen Tragfähigkeits- und Zustandsanalysen der Pfeiler und Schweben.

Die kontinuierliche Überwachung der **Salzlösungen** im Grubengebäude der Schachanlage Asse II erfolgt durch regelmäßige Befahrungen, in-situ Messung von Temperatur und Dichte sowie durch die Beprobung und Überwachung der chemischen und physikalischen Parameter durch interne und externe Untersuchungen. Darüber hinaus erfolgt eine regelmäßige visuelle Aufnahme/Begutachtung von Stößen hinsichtlich Rissbildung und Auflockerungszonen, was eine routinemäßige, betriebliche Tätigkeit darstellt und im Rahmen der zuvor genannten Monitoringverfahren für dieses Erkundungsprogramm nicht berücksichtigt wird.

Für die Erstellung der Übersicht in Tabelle 9 wurden folgende Quellen verwendet: /20/; /17/; /18/; /19/; /52/; /49/; /50/; /46/; /57/; /76/; /79/; /83/; /101/; /102/; /103/; /112/; /114/; /116/; /124/.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 56 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Tabelle 9: Übersicht über Verfahren zum Monitoring in der Schachanlage Asse II zum Zweck (hydrogeologischer und) gebirgsmechanischer Datenerhebung und Beobachtung

Methode								
Spannungsmessung	Bestimmung von <ul style="list-style-type: none"> Größe und Richtung der Hauptnormalspannung Absolutwerten von Spannungen und Spannungsänderungen 	<u>Messort:</u> In-situ Bohrungen (Hydrofracsondierungen) An Bohrkernen und Übertragung auf in-situ Bedingungen <u>Messintervall:</u> Periodisch, während des Messprogrammes in Bohrungen (solange die Bohrungen noch offen sind)	-	<ul style="list-style-type: none"> Erfordert die Herstellung/Vorhandensein einer Bohrung (je nach Methode Großbohrloch oder Kernbohrung) Kraftschluss von Druckaufnehmern in Bohrungen 	<ul style="list-style-type: none"> Spannungsverhalten kann sich bei ähnlicher Mineralogie unterscheiden, Standortabhängigkeit 	Auflockerungszonen	ja	ja
Konvergenzmessungen	Bestimmung von Konvergenzen und Verformungen durch Messung von Horizontal- und Vertikalverschiebungen	<u>Messort:</u> Im Gebirge fixierte Konvergenzmessstelle <u>Messintervall:</u> Periodisch/kontinuierlich, langfristig	-	<ul style="list-style-type: none"> Verankerung und Wartung der Messeinrichtung Kalibrierung der Messeinrichtung vor jeder Messkampagne 	-	Temperaturschwankungen beeinflussen Messgenauigkeit	ja	Ja (seit 1991)
Permeabilitätsmessungen	<ul style="list-style-type: none"> Bestimmung von Permeabilität, Herleiten von Schädigungen 	<u>Messort:</u> An Hohlraumkontur oder im Bohrloch <u>Messintervall:</u> Periodisch, während des Messprogrammes in Bohrungen (solange die Bohrungen noch offen sind)	<ul style="list-style-type: none"> Schnelle Permeabilitätsmessungen mittels Gas Deutlich längere Permeabilitätsmessungen mittels Flüssigkeiten im Vergleich zu Gas Druckbeaufschlagung mit verschiedenen Methoden (pulse bzw. constant rate test) 	<ul style="list-style-type: none"> Erfordert die Herstellung/Vorhandensein einer Bohrung je nach Methode Hohe Anforderungen an Dichtigkeit von Messbereichen im Bohrloch Hohe Anforderungen an Messgenauigkeit und Auflösung aufgrund geringer Permeabilität von Salzen 	<ul style="list-style-type: none"> Permeabilitätsmessungen mittels Gas bei Vorhandensein von Feuchtigkeit in Aussage begrenzt Permeabilitätsmessungen mittels Flüssigkeit in Aussage genauer Geringste Unebenheiten an Bohrlochwand und Stößen können zu Undichtigkeiten und Umläufigkeiten der Packerapparaturs führen 	<ul style="list-style-type: none"> Temperaturänderungen (Bohrloch-) Konvergenzen und Divergenzen während der Messung 	ja	Ja (nur im Bohrloch)
Extensometer- bzw. Fis-surometermessungen	Bestimmung des Verformungszustandes durch Messung von <ul style="list-style-type: none"> Dehnung Spannung Riss- und Klüftentwicklung 	<u>Messort:</u> An Hohlraumkontur <u>Messintervall:</u> Periodisch/kontinuierlich, langfristig	Kontinuierliche Überwachung	Verbindung mit Gebirge	Zu hohe Spannweiten	-	ja	ja
Mikroseismik Schallemissionsanalyse i. d. R. Messung im Frequenzbereich 100 Hz bis 5 kHz Erfassung höher energetischer Ereignisse	Detektion von <ul style="list-style-type: none"> In-situ Rissen Dilatanz- bzw. Auflockerungszonen 	<u>Messort:</u> Installationsort von Geophonen in (ehemalig) zugänglichen Grubenbauen/Bohrungen <u>Messintervall:</u> kontinuierlich, langfristig	<ul style="list-style-type: none"> Größerer Überwachungsbereich als bei Mikroakustik möglich Keine Herstellung von Bohrlöchern erforderlich 	-	<ul style="list-style-type: none"> Ortsgenauigkeit bis ca. 30 m Reichweite ca. 1 km 	Schalldämpfung bei vermehrtem Auftreten von Klüften und Rissen möglich	ja	ja

**Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 57 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Methode	Beobachtungsziel	Messort und Messintervalle	Wesentliche Vorteile	Besondere Voraussetzungen	Wesentliche Grenzen	Wesentliche negative Einflüsse	Stand der Technik im Salzbergbau	Erprobung/Anwendung Schachanlage Asse II
Mikroakustik Schallemissionsanalyse i. d. R. Messung im Frequenzbereich 1 kHz bis 100 kHz Erfassung niedrig energetischer Ereignisse	Detektion von <ul style="list-style-type: none"> In-situ Mikrorissen Dilatanz- bzw. Auflockerungszonen Rissbildung, -fortschritt Bruchvorgängen Plastischer Verformung 	<u>Messort:</u> Installationsort von piezoelektrischen Aufnehmern in (ehemalig) zugänglichen Grubenbauen/Bohrungen <u>Messintervall:</u> kontinuierlich, langfristig	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Empfindlichkeit als bei Mikroseismik Bestimmung der Ursache (Zugspannung vs. Scherspannung) von Rissen mittels Momententensors 	<ul style="list-style-type: none"> Erfordert die Herstellung/Vorhandensein von Bohrungen Zeitaufwendige Installation der Messapparatur (Schachanlage Asse II ca. 1 – 2 Jahre) 	<ul style="list-style-type: none"> Ortsgenauigkeit von 0,1 bis 1,0 m Reichweite ca. 60 m (100 kHz) bis 300 m (10 kHz) Zuordnung von Vorgängen zu betrieblichen Arbeiten oder gebirgsmechanisch relevanten Ereignissen nicht trivial 	Schalldämpfung bei vermehrtem Auftreten von Klüften und Rissen möglich	ja	ja
Gesteinsmechanische Probencharakterisierung im Labor	Bestimmung gesteinsmechanischer Parameter der anstehenden Salzgesteine/Versatzmaterialien	Labor -	<ul style="list-style-type: none"> Ortsunabhängige Probenuntersuchung unter definierten/kontrollierten Bedingungen 	<ul style="list-style-type: none"> Erfordert die Gewinnung von Probenmaterial durch z. B. Kernbohrungen 	<ul style="list-style-type: none"> Erhalt/Rekonstruktion der In-situ-Spannungscharakteristik in Probenkörpern aufwändig 	-	ja	ja

**Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 58 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

3.2.3 Anwendbarkeit der Erkundungsverfahren zur Erfüllung der spezifischen Erkundungsbedarfe

Nachfolgend wird eine Einschätzung der Anwendbarkeit von Erkundungsverfahren (vgl. Tabelle 10, Tabelle 11 und Tabelle 12) nach Abgleich der generell anwendbaren und ggf. in der Schachanlage Asse II bereits angewandten Verfahren (Kapitel 3.2.1 und 3.2.2) mit den identifizierten Themenschwerpunkten für zukünftige Erkundung (Kapitel 3.1.3 und 3.1.4) aus Sicht der Rückholungsplanung dargestellt. Die jeweiligen Erkundungsziele, die in Tabelle 10 aufgeführt sind, wurden bereits in Tabelle 5 definiert, die Bewertung der Anwendbarkeit basiert auf der Kurzcharakterisierung des jeweiligen Verfahrens in Tabelle 8. Gleiches gilt für Tabelle 11 und Tabelle 6 bzw. für Tabelle 12 und Tabelle 7, die Bewertung der Anwendbarkeit basiert hier vor allem auf der Kurzcharakterisierung der Verfahren aus Tabelle 9. Da jedoch nicht alle Erkundungsziele mit Hilfe von Monitoringverfahren (Kapitel 3.2.2) erreicht werden können, finden für die Bewertung in Tabelle 11 und Tabelle 12 auch Inhalte der Tabelle 8 Berücksichtigung.

Neben dieser Einschätzung ist weiterhin ein Hinweis gegeben, welche der Erkundungsverfahren ggf. einen Bohraufschluss bedingen. Grundsätzlich sind natürlich die Einlagerungskammern und der ELK-nahe Bereich das in diesem Bericht beschriebene Untersuchungsgebiet, sodass auch zerstörungsfreie Verfahren (z. B. Streckengeoradar) die Auffahrung einer Vorrichtungsstrecke im Umfeld der Einlagerungskammern bedingen.

**Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 59 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Tabelle 10: Übersicht über die prinzipielle Anwendbarkeit der für die gezielte Untersuchung spezieller Fragestellungen ausgewählten Erkundungsverfahren für die Ermittlung der zu erkundenden geologischen und hydrogeologischen Parameter

Verfahren	Bohrung (je nach Methode notwendig)	Lithologie	Hydrogeologie
Geologische Kartierung ⁹ /Aufnahme	(B)	anwendbar	anwendbar
Kamerabefahrung	B	anwendbar	anwendbar
Bohrloch-Scan	B	anwendbar	anwendbar
Geoelektrik	-	-	anwendbar ¹⁰
Georadar	(B)	bedingt ¹¹ anwendbar	anwendbar ¹²
Geomagnetik	-	-	-
Gravimetrie	(B)	bedingt ¹³ anwendbar	-
Geoseismik	(B)	bedingt ¹⁴ anwendbar	-
Geosonar	(B)	anwendbar	-
Bohrkernaufnahme	B	anwendbar	anwendbar
Laboranalyse	(B)	anwendbar	anwendbar ¹⁵

⁹ Die geologische Kartierung bzw. Aufnahme ist nur für neue Auffahrungen sinnvoll

¹⁰ Für Detektion von Durchfeuchtung anwendbar

¹¹ Für Detektion lithologischer Grenzen anwendbar

¹² Für Detektion von Durchfeuchtung anwendbar

¹³ Basierend auf dem Parameter Dichte

¹⁴ Für Detektion lithologischer Grenzen anwendbar

¹⁵ Zur Ermittlung der qualitativen Zusammensetzung eines SLV

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm						 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 60 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Tabelle 11: Übersicht über die prinzipielle Anwendbarkeit der für die gezielte Untersuchung spezieller Fragestellungen ausgewählten Erkundungsverfahren für die Ermittlung der zu erkundenden gebirgsmechanischen Parameter

Verfahren	Bohrung (je nach Methode) notwendig	Spannungs-zu- stand	Konvergenz	Permeabilität	Schädigung (<u>G</u> rad, <u>A</u> rt, <u>L</u> okation)	Auflockerungszone (<u>G</u> röße, <u>A</u> usbildung)	Schwächezone (<u>V</u> orhandensein, <u>M</u> aterialkenn- werte)
<i>Erkundung im Sinne weiterer Datenerhebung/Monitoring</i>							
Spannungsmessungen	B	Anwendbar	-	-	-	-	-
Konvergenzmessungen	-	-	Anwendbar	-	-	-	-
Permeabilitätsmessungen	(B)	-	-	Anwendbar	Anwendbar (G, L)	Anwendbar (Gr, Au)	-
Extensometer- bzw. Fis- surometermessungen	-	Anwendbar	-	-	Anwendbar (G, A)	-	-
Mikroseismik	-	-	-	-	Anwendbar (G, L)	Anwendbar (Gr)	-
Mikroakustik	B	-	-	-	Anwendbar (G, L)	Anwendbar (Gr)	-
<i>Erkundung</i>							
Geologische Kartierung ¹⁶ / Aufnahme	-	-	-	-	Anwendbar (G, A, L)	-	Anwendbar (V)
Kamerabefahrung	B	-	-	-	Anwendbar (G, A, L)	Anwendbar (Gr, Au)	Anwendbar (V)
Bohrloch-Scan	B	-	-	-	Anwendbar (G, A, L)	Anwendbar (Gr, Au)	Anwendbar (V)
Georadar	(B)	-	-	-	Anwendbar (G, L)	Anwendbar (Gr, Au)	Anwendbar (V)
Geoseismik	(B)	-	-	-	Anwendbar (G, L)	Anwendbar (Gr, Au)	Anwendbar (V)

¹⁶ Die geologische Kartierung bzw. Aufnahme ist nur für neue Auffahrungen sinnvoll

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 61 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Verfahren	Bohrung (je nach Methode) notwendig	Spannungs-zu- stand	Konvergenz	Permeabilität	Schädigung (<u>Grad</u> , <u>Art</u> , <u>Lokation</u>)	Auflockerungszone (<u>Größe</u> , <u>Ausbildung</u>)	Schwächezone (<u>Vorhandensein</u> , <u>Materialkenn- werte</u>)
Sonar	(B)	-	-	-	Anwendbar (G, A, L)	Anwendbar (Gr)	Anwendbar (V)
Bohrung/Kernaufnahme	B	-	-	-	Anwendbar (G, A, L) in Verbindung mit Kernbohrungen	Anwendbar (Gr, Au) in Verbindung mit Kernbohrungen	Anwendbar (V,M) in Verbindung mit Kernbohrungen
Gesteinsmechanische Laboruntersuchungen	B	Anwendbar in Verbindung mit Kernmaterial	-	Anwendbar in Ver- bindung mit Kern- material	Anwendbar (A) in Verbindung mit Kern- material	Anwendbar (Au) in Verbindung mit Kern- material	Anwendbar (M) in Verbindung mit Kernmaterial

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm						 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG			
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 62 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Tabelle 12: Übersicht über die prinzipielle Anwendbarkeit der für die gezielte Untersuchung spezieller Fragestellungen ausgewählten Erkundungsverfahren für die Ermittlung der ELK-Informationen

Verfahren	Bohrung (je nach Methode) notwendig	Hohlraumdimensionen			Kammeratmosphäre ¹⁷	Verfüllgrad
		Lage	Geometrie	Konturen		
Laser	B	anwendbar	anwendbar	anwendbar	-	grundsätzlich anwendbar
Sonar/echo-metrische Hohlraumvermessung	(B)	anwendbar	anwendbar	anwendbar	-	grundsätzlich anwendbar
Georadar	(B)	anwendbar	anwendbar	anwendbar	-	-
Seismik	(B)	anwendbar	anwendbar	anwendbar	-	-
Bohrung/geol. Aufnahme	B	anwendbar	anwendbar	anwendbar	-	anwendbar
Gasbeprobung und -messung	B	-	-	-	anwendbar	-

3.3 Konzept des geowissenschaftlichen und bergbaulichen Erkundungs- und Datenerhebungsprogramms

Zur Beantwortung spezifischer geologischer, hydrogeologischer, gebirgsmechanischer, bergbaulicher und/oder ELK-spezifischer Fragestellungen sind jeweils Fall-/Projektbezogen zunächst die spezifischen Erkundungsziele festzulegen, unter Berücksichtigung von anwendbaren Verfahren (Kapitel 3.2.3) das jeweilige Erkundungs- und Datenerhebungsprogramm aufzustellen und dann folgend detailliert auszuplanen. Die Konzeptstufe des Erkundungsprogrammes bedient hierbei allerdings keine detailplanerischen Aussagen/ Aufgabenstellungen, wie z. B. die Anzahl oder Lokation von Bohrungen, Auffahrungsplanung der Erkundungsorte, technische Details zu Ausrüstung/ Messgeräte für die Erkundung o. ä.

Generell umfasst die Aufstellung von Erkundungs- und Datenerhebungsprogrammen nach dem Vorbild gängiger Praxis in produzierenden Salzbergwerken und an der Schachanlage Asse II (u. a. /45/) die Kombination verschiedener Verfahren, jedoch nicht die gesamte Fülle aller als anwendbar eingeschätzten Verfahren. Für die im Folgenden beispielhaft dargestellte Vorgehensweise erhalten die Erkundungsverfahren (vgl. Tabelle 10, Tabelle 11 und Tabelle 12) den Vorzug, die

¹⁷ Strahlenschutz in dieser Tabelle nicht enthalten, siehe für diesen Kapitel 4.

**Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 63 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- das Erkundungsziel erreichen können,
- das günstigste Aufwand-Nutzen-Verhältnis aufweisen und
- bereits als Standardverfahren in der Schachanlage Asse II erfolgreich erprobt wurden und/oder in Anwendung sind.

Für den Fall, dass das ausgewählte Verfahren nicht die gewünschten Ergebnisse erzielt, können ggf. ergänzende Verfahren angewandt werden (Kapitel 3.2.3). Der Erkundungs- und Datenerhebungsprozess ist iterativ und gliedert sich daher in aufeinander aufbauende Entscheidungsstufen, wie die jeweiligen Vorschläge zur Erkundung bzw. weiteren Datenerhebung zeigen (vgl. Abbildung 7, Abbildung 8 und Abbildung 9).

Ein weiteres wichtiges Kriterium in diesem Prozess ist, ob eine Erstellung von Bohrungen aus strahlenschutz- und bergtechnischer Sicht möglich ist. Bohrungen sind für die Anwendung bestimmter Erkundungsverfahren im Vorfeld der Rückholung notwendig.

Für einige Verfahren bzw. Verfahrensführungen (vgl. Abbildung 7, Abbildung 8 und Abbildung 9) an der Schachanlage Asse II können atomrechtliche Genehmigungen oder Genehmigungen nach dem Strahlenschutzrecht erforderlich sein. Sollten aufgrund von strahlenschutzbedingten oder atomrechtlichen Anforderungen bestimmte Verfahren im Vorfeld der Rückholung nicht anwendbar sein, muss ggf. ein alternatives Verfahren geprüft und angewandt werden. Steht für ein Erkundungsziel kein alternatives, grundsätzlich anwendbares Verfahren zur Verfügung, so kann das Erkundungsziel zu einem bestimmten Zeitpunkt im Vorfeld der Rückholung nicht erreicht werden, sondern erst wenn entsprechende Voraussetzungen (z. B. Vorhandensein einer Bohrung oder Strecke) geschaffen wurden. Sollte es nicht möglich sein, die Voraussetzungen zu schaffen, müssen seitens der Planung (ggf. konservative) Annahmen für den zu untersuchenden Parameter getroffen werden.

Nachfolgend werden unter Berücksichtigung der vorherigen Kapitel (3.1 und 3.2) Beispiele zur weiteren Vorgehensweise in Bezug auf die

- geologische und hydrogeologische Erkundung (vgl. Abbildung 7),
- Erhebung gebirgsmechanischer Parameter (vgl. Abbildung 8) sowie
- Erfassung von ELK-Informationen (vgl. Abbildung 9)

vorgestellt. Untersuchungen zu diesen genannten Themenschwerpunkten können u. U. natürlich in einem Bohrloch bzw. mehreren Bohrlöchern oder einem Ort parallel oder zeitlich kurz versetzt hintereinander durchgeführt werden. Ein detaillierterer zeitlicher Bezug ist in den Abbildungen nicht dargestellt, dies wäre Teil der an die Konzeptphase anschließenden Planungen. Die Erläuterungen gelten weiterhin unter der Voraussetzung, dass die derzeitige Standortüberwachung /45/ fortgesetzt wird. Sämtliche Arbeiten sind unter Gewährleistung einer ausreichenden Bewetterung, der Maßnahmen des Strahlenschutzes und der Arbeitssicherheit durchzuführen.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 64 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

beispielhafte Vorgehensweise zur Erhebung (hydro)geologischer Daten

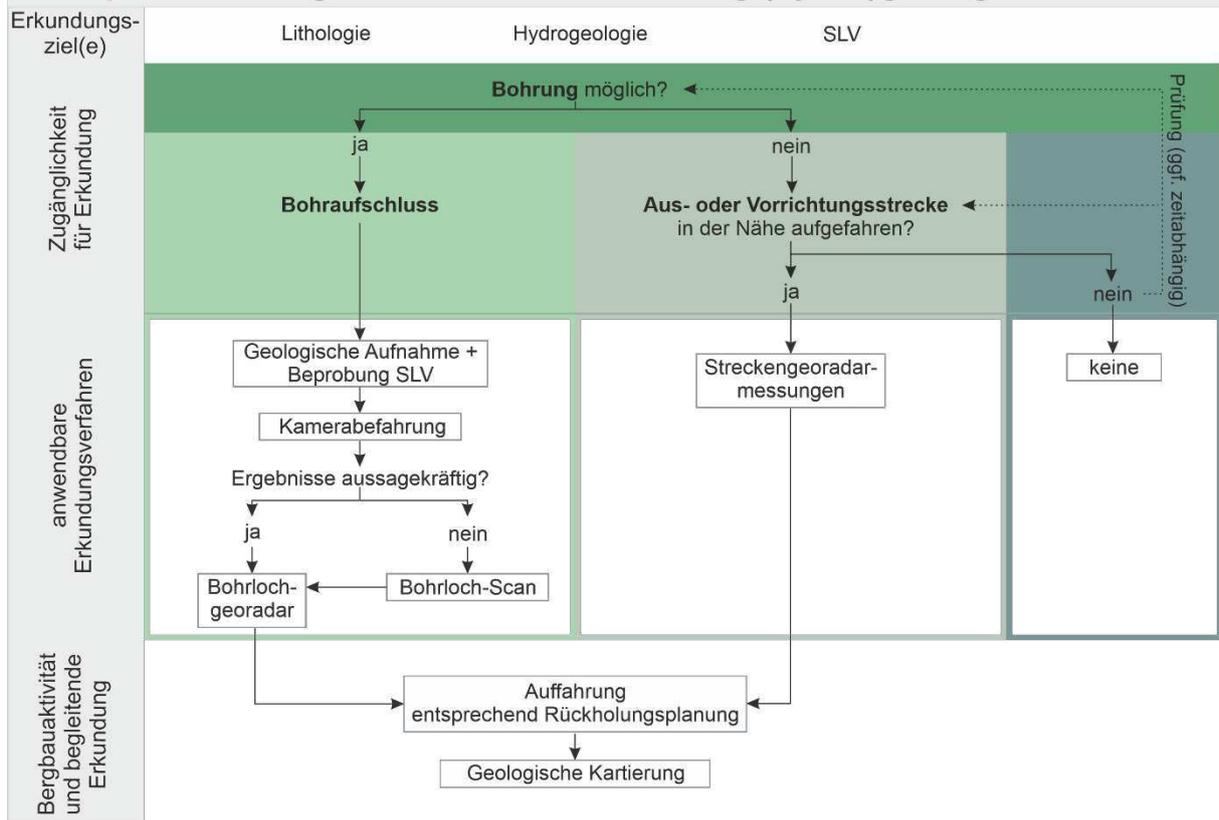


Abbildung 7: Beispiel einer generellen Vorgehensweise zur untertägigen Erhebung geologischer und hydrogeologischer Daten (hier: ohne Berücksichtigung einer Parallelisierung bzw. Ergänzung gebirgsmechanischer Untersuchungen)

Entsprechend der Eigenschaften gebirgsmechanischer Parameter und deren Veränderlichkeit über die Zeit wird empfohlen, wiederholend bzw. kontinuierlich bis zum Beginn der Arbeiten für die Rückholung zu messen, um gebirgsmechanische Modellrechnungen an diesen Messergebnissen kalibrieren bzw. validieren zu können

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 65 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AA>NNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

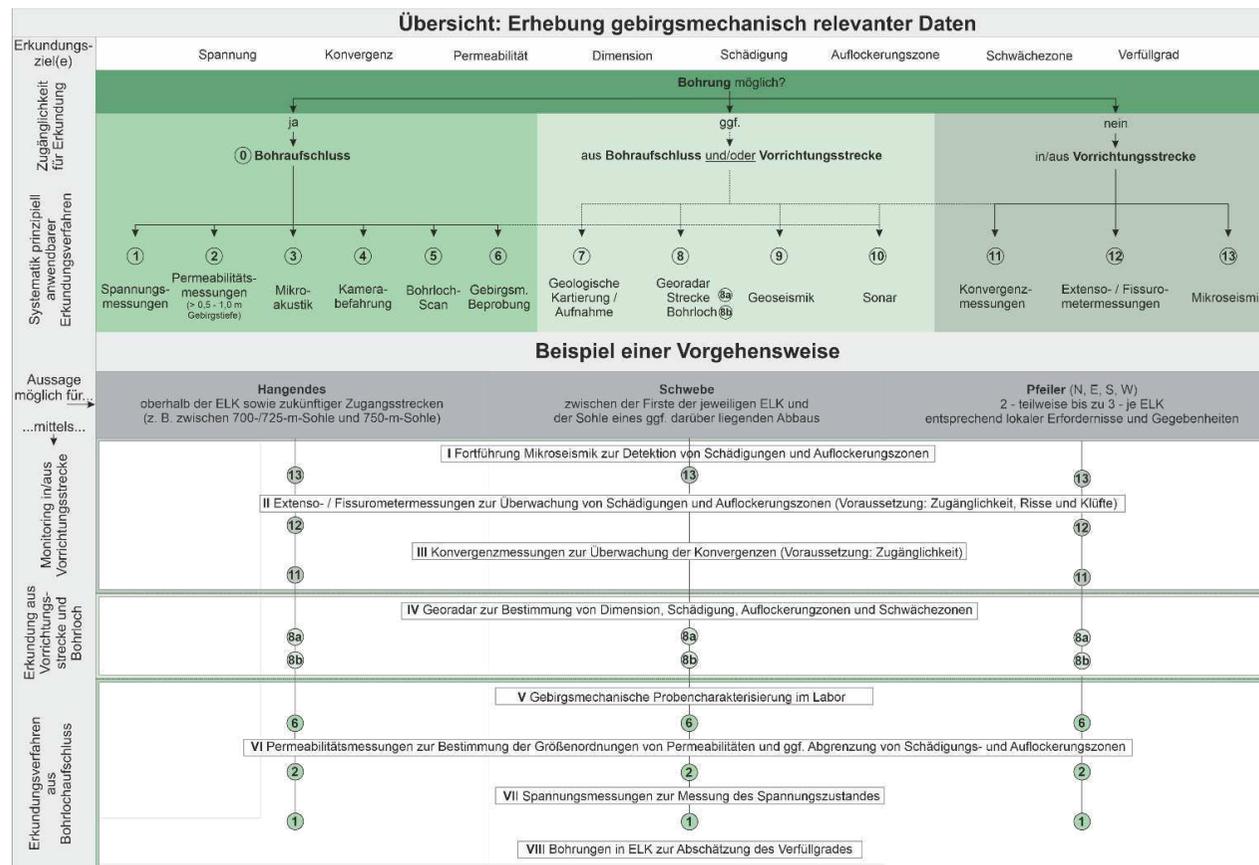


Abbildung 8: Beispiel einer Vorgehensweise zur Erhebung gebirgsmechanisch relevanter Daten (hier: ohne Berücksichtigung der Parallelisierung bzw. Ergänzung (hydro-)geologischer und weiterer Untersuchungen)

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 66 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

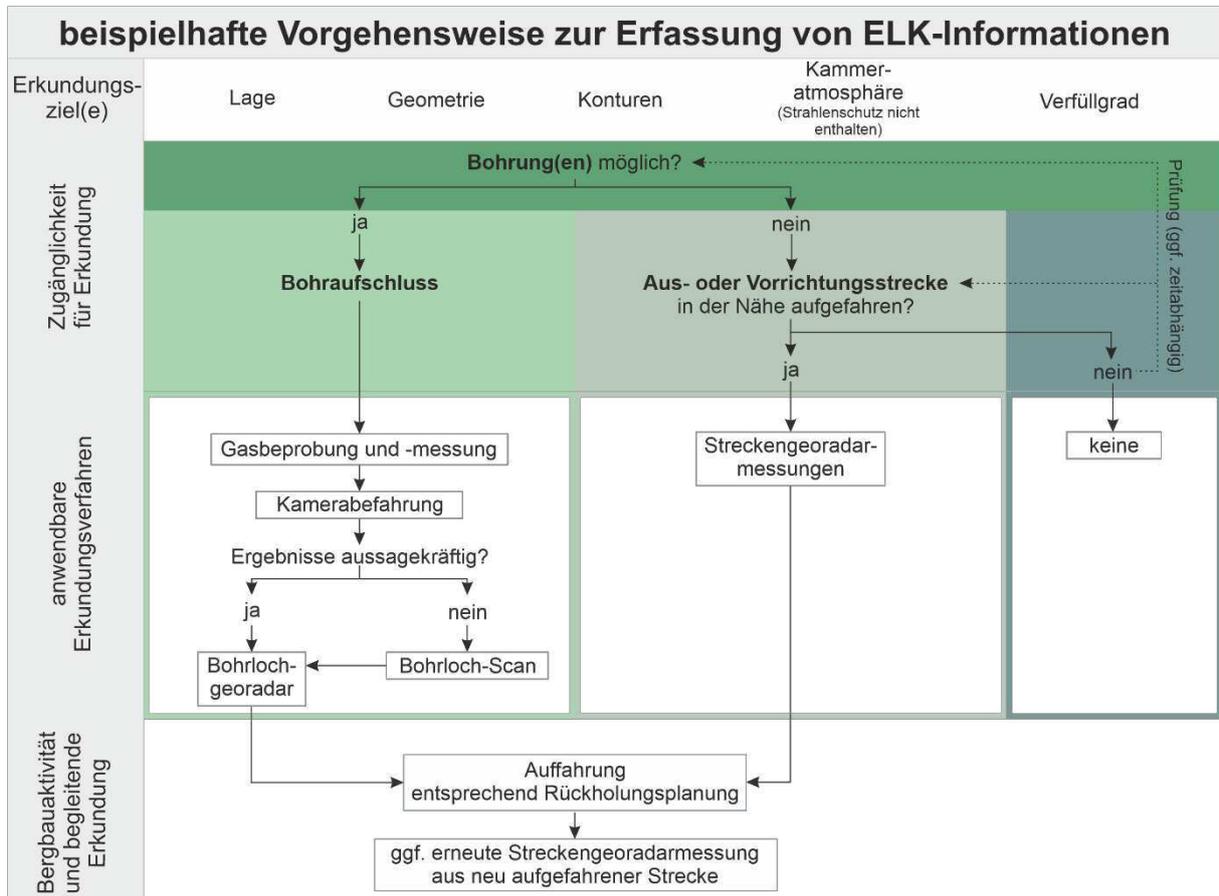


Abbildung 9: Beispiel einer generellen Vorgehensweise zur untertägigen Erfassung von ELK-Informationen (hier: ohne Berücksichtigung einer Parallelisierung bzw. Ergänzung gebirgsmechanischer Untersuchungen)

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 67 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

4 Radiologischer Teil

4.1 Übersicht

In der Schachanlage Asse II wurden und werden intensive radiologische Überwachungs- und Erkundungsmaßnahmen durchgeführt, vgl. u. a. /22/, /25/, /26/, /36/, /37/, /38/, /45/. Für die zugängliche ELK 7/725 wurde bereits ein dezidiertes Erkundungsprogramm durch die Arge KR beschrieben /4/. Sämtliche Einlagerungskammern der 750-m-Sohle sind nicht mehr zugänglich, sodass einige Informationen nicht mehr oder nur mit großem Aufwand erhoben werden können. Abzuwägen sind der mögliche Erkenntnisgewinn mit Blick auf die Verbesserung der Planung und Durchführung der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II im Vergleich zu dem Erkundungs- und Verfahrensaufwand. Dieser Abgleich muss mit fortschreitender Rückholungsplanung wiederholt und bewertet werden. Im Rahmen der nachfolgenden Betrachtungen wird eine Einschätzung mit Blick auf die Konzeptplanungsstufe der Rückholung gegeben.

Die im vorliegenden radiologischen Teil des Erkundungsprogramms beschriebenen Informationsbedarfe und deren Erkundung dienen der Validierung der im Technischen Konzept und im Sicherheits- und Nachweiskonzept /3/ getroffenen Annahmen, der Erweiterung der Kenntnislage sowie ggf. dem Abbau von Konservativitäten und der Festlegung von Strahlenschutzmaßnahmen. Sie verbessern damit die Eingangsdaten für Genehmigungsanträge einschl. vorlaufender Planungsschritte sowie für die fortlaufenden Schritte der Rückholung. Das Erkundungsprogramm soll vorlaufend zur eigentlichen Rückholung (vorlaufende sowie spezifische ELK-nahe Erkundungen) der eingelagerten radioaktiven Abfälle aus den ELK durchgeführt werden. Allerdings ist eine zeitliche Trennung bei einigen der beschriebenen Erkundungsmaßnahmen nicht möglich, da zur Umsetzung der Maßnahmen notwendige Zugänglichkeiten von Bereichen bereits verschlossen wurden bzw. erst mit Fortschritt der Rückholung erschlossen werden. Aufgrund der Randbedingungen der technischen Vorgehensweise bei Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle, können Erkundungen je nach Lage der betreffenden ELK zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt werden (vgl. Kapitel 1 und 2.2).

Im nachfolgenden radiologischen Erkundungsprogramm wird

- zur Datenbasis zu den Einlagerungskammerinventaren (Kapitel 4.2),
- zur radiologischen Situation des Salzversatzes und des Salzgesteins im sonstigen Grubenraum (Kapitel 4.3),
- zu Aktivitätszusammensetzung und Quelltermen der Einlagerungskammeratmosphäre (Kapitel 4.4) sowie
- weitergehend zur radiologischen Erkundung von Bohrungen im Nahbereich der Einlagerungskammern (Kapitel 4.5) und
- zu Voraussetzungen für einen Langzeitsicherheitsnachweis (Kapitel 4.6)

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 68 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Stellung genommen. Zu diesen Themenkomplexen wird jeweils der Ist-Stand dargestellt, identifizierte offene Punkte mit dem entsprechenden Erkundungsbedarf sowie darauf basierend mögliche Erkundungsmaßnahmen beschrieben. Für Erkundungsmaßnahmen mit messtechnischer Datenerhebung können u. a. die folgenden typischen Beprobungs-, Mess- und Analyseverfahren zum Einsatz kommen:

- Beprobungen (z. B. Bohrkernprobe Bohrkleinprobe oder Stockerprobe) mit anschließend geeigneter Bestimmung der spezifischen Aktivitäten von Radionukliden (z. B. Gamma-spektrometrie, Laborgestützte analytische radiologische Verfahren)
- In-situ-Gammaspektrometrie zur Bewertung radioaktiver Kontaminationen an Oberflächen,
- Aerosolsammler und -monitore zur Bewertung der aerosolgetragenen Aktivität
- Bestimmung der Radon/Thoron-Aktivitätskonzentration mit Hilfe von Radon/Thoron-Monitoren
- Bestimmung der H-3 und C-14-Aktivität an Proben nach entsprechender Aufbereitung mittels LSC-Messung (Liquid Scintillation Counting)
- Dosisleistungsmessungen mittels Dosisleistungsmessgeräten (beispielsweise Nieder- und Hochdosiszählrohre, Geiger-Müller- oder Proportionalzählrohre, Szintillationssonden, NBR-Techniken) zur Überwachung der Dosisleistung und Detektion von Bereichen erhöhter Dosisleistung auch in Bohrlöchern
- Oberflächenkontaminationsbestimmung für Betastrahler und für Alphastrahler mittels verschiedenen Gerätetypen
- Bestimmung der nichtfesthaftenden Oberflächenkontaminationen durch Wischproben und anschließende Auswertung an stationären oder mobilen Wischtestmessplätzen

Weitere als Erkundungsmaßnahmen bezeichnete Themen stützen sich auf computergestützte Verfahren u. a. unter Verwendung von Datenbanken und numerischen Simulationen.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 69 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

4.2 Einlagerungskammerinventare

4.2.1 Ist-Stand

Bis Juli 1971 wurden Gebinde mit schwachradioaktiven Abfällen in geringer Anzahl und Gesamtaktivität eingelagert. Ab November 1971 erfolgte die Einlagerung der radioaktiven Abfälle im großtechnischen Maßstab /126/. In diesem Zuge ergänzte man auch den Umfang an Angaben, die die Ablieferungspflichtigen zwecks Abfalldeklaration machen mussten. Diese Angaben erfolgten anfangs über Fragebögen und Fassbegleitkarten und zu einem späteren Zeitpunkt über umfangreichere Begleitlisten und Materialbegleitscheine. Allerdings wurden den Ablieferungspflichtigen – nach heutigem Ermessen – nicht ausreichend Vorgaben bezüglich der zu tätigen Angaben in den vorgenannten Dokumenten gemacht, sodass hinsichtlich der Informationstiefe eine heterogene Datenstruktur vorherrscht. Die Angaben aus den Einlagerungsdokumenten entsprechen nicht den heutigen Anforderungen an eine Deklaration/Beschreibung radioaktiver Abfälle /127/. Diese Rohdaten (Begleitlisten, Fragebögen der ersten vier Einlagerungsphasen, Kernbrennstoffmeldungen, Materialbegleitscheine des Forschungszentrums Karlsruhe sowie die Betriebsbücher des Schachtanlage Asse II) speisen die radiologische Abfalldatenbank Assekat, die zur Verwaltung der Abfalldaten und Aktivitätsinventare der in der Schachtanlage Asse II eingelagerten radioaktiven Abfälle und zur Abschätzungen des radiologischen und stofflichen Inventars sowie zur Berechnung von Kernbrennstoffmeldungen verwendet wird.

Die Abfalldatenbank Assekat wurde in den vergangenen Jahren fachgutachterlichen Überprüfungen unterzogen und auf Basis dieser präzisiert. In der Datenbank Assekat werden u. a. chargenspezifisch die maximalen Dosisleistungen der Gebinde an der Oberfläche und in 1 m Abstand von dem Gebinde zum Einlagerungszeitpunkt angegeben. Die Informationen zu den Dosisleistungen stammen größtenteils aus den damaligen Angaben der Gebindebegleitlisten. Unter Berücksichtigung der Abfallherkunft und der Abfallart wurden die Rohdaten zusammengefasst und ggf. korrigiert. Diese Daten dienen als Basis für die Ermittlung des radionuklid-spezifischen Aktivitätsinventars. Vom Institut für Strahlenschutz (ISS) wurde zur Berechnung das Programm PAI – Programm zur Aktualisierung des Asse-Inventars – entwickelt. Um die nuklid-spezifischen Chargenaktivitäten bestimmen zu können, kamen abhängig von der Abfallart und des Abfalllieferers unterschiedliche Aktivitäts-Ermittlungsmethoden (Vektorberechnung, Einzelnuklidauswertung oder keine Berechnung) zum Einsatz.

Nachfolgend wird der Erkundungsbedarf für die Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010 diskutiert.

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 70 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

4.2.2 Erkundungsbedarf

Nulleinträge

In der Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010 sind für die Inventare der Einlagerungskammern 12.402 Stück Abfallgebinde gelistet, die im Feld Aktivitätsermittlungsmethode „*nicht berechnet*“, „*keine Angaben*“ oder „*Charge vernachlässigt*“ hinterlegt haben, die hier als „Nulleinträge“ zusammengefasst werden. Für diese Abfallgebinde wurden keine Gesamtaktivitäten mit dem PAI-Modul berechnet, sodass auch keine nuklidspezifischen Chargenaktivitäten ausgewiesen werden können. Trotz dessen, weisen einige der hinterlegten Daten Dosisleistungen von Abfallgebänden (zum Zeitpunkt der Einlagerung) in relevanten Bereichen aus. Nachfolgendes Diagramm (Abbildung 10) zeigt die Gebindeanzahl sowie die prozentualen Anteile der in der Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010 hinterlegten Nulleinträge je Einlagerungskammer.

Abbildung 10: Gesamtgebіндеanzahl und prozentualer Anteil von Nulleinträgen pro Einlagerungskammer gem. Assekat Version 9.2 mit Stand 02/2010

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 71 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Mit einem Anteil von ca. 86% an Nulleinträgen sticht die Datenreihe der ELK 4/750 heraus. Auch die Datenreihe der ELK 1/750 hat mit ca. 33% einen verhältnismäßig hohen Anteil an Nulleinträgen. Bei diesen beiden Einlagerungskammern handelt es sich um diejenigen, die in den ersten vier Versuchseinlagerungskampagnen zwischen April 1967 und Juli 1971 mit radioaktiven Abfällen befüllt worden sind. Hierbei wurden Verdampferkonzentrate, die als schwach alkalische Konzentrate von Laborwässern und Regenerierwässer von Ionenaustauschern in Beton bzw. Bitumen fixiert sind sowie paketierte Abfälle (Gebrauchsgegenstände aus Stahlblech, Kunststoffrohre und kontaminierte Blechteile, die in Stahlblechtonnen verpackt und mit Zementbrei fixiert sind) und filtrierte Fällschlämme aus der chemischen Wasseraufbereitung eingelagert. Zu diesem Zeitpunkt der Einlagerung war die einlagerbare Gesamtaktivität von Abfallgebinden auf max. $9,25E+08$ Bq/Gebinde gemäß Einlagerungsgenehmigung vom 22.03.1967 beschränkt. Tiefergehende Erkenntnisse zur Nuklidverteilung liegen nicht vor, allerdings ist bekannt, dass die ersten Versuchskampagnen eine Vielzahl von Laborabfällen umfassten /127/.

Kernbrennstoffe/Kernmaterial

Für die Planung und Umsetzung der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachttanlage Asse II einschließlich deren Konditionierung und Entsorgung ist die Kenntnis über den Bestand an Kernbrennstoffen und Kernmaterialien von elementarer Bedeutung.

Als Kernbrennstoffe gelten gemäß § 2 AtG /125/ spaltbare Stoffe in Form von Pu-239 und Pu-241 sowie mit den Isotopen U-233 und U-235 angereichertes Uran und jeder Stoff, der einen oder mehrere dieser Stoffe enthält. Nicht umschlossen von der Definition des Kernbrennstoffs sind Natururan¹⁸ und abgereichertes Uran. Für die Anwendung von Genehmigungsvorschriften des AtG oder der auf Grund des AtG erlassenen Rechtsverordnungen gelten Stoffe, in denen der Anteil der Isotope U-233, U-235, Pu-239 und Pu-241 insgesamt 15 Gramm oder die Konzentration der genannten Isotope 15 Gramm pro 100 Kilogramm nicht überschreitet, als sonstige radioaktive Stoffe.

Als Kernmaterial gelten gemäß Artikel 2, Pkt. 4. der Euratom-Verordnung Nr. 302/2005 vom 08.02.2005 /128/ Erze, Ausgangsmaterial oder besonders spaltbares Material wie in Artikel 197 Euratom /129/ definiert. Der Begriff umfasst somit auch Natururan, abgereichertes Uran und Thorium.

Gemäß Euratom unterliegt derjenige, der eine Anlage zur Erzeugung, Trennung, Wiederaufarbeitung, Lagerung oder sonstigen Verwendung von Ausgangsmaterial oder besonderem spaltbarem Material errichtet oder betreibt der Kernmaterialüberwachung. Der Begriff der Kernmaterialüberwachung umfasst die Prüfmethode, die eine Überwachung des spaltbaren Materials ermöglichen und die unerlaubte Entnahme entdecken. Bestandteil der Kernmaterialüberwachung ist u. a. die Kernmaterialbilanzierung sowie ein Buchführungs- und Kontrollsystem über Menge, Kategorie, Form und Zusammensetzung von Kernmaterialien innerhalb

¹⁸Natururan besteht zu etwa 99,27 Massen-% aus U-238 und zu 0,72 Massen-% aus U-235

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 72 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

einer Materialbilanzzone (MBZ) /128/. Die MBZ bezeichnet einen räumlichen Bereich, der zum Zweck der Erstellung der Materialbilanz so beschaffen ist, dass

- die Kernmaterialmenge bei jeder Weitergabe in jede oder aus jeder MBZ bestimmt werden kann, und
- der reale Bestand an Kernmaterial in jeder MBZ, falls erforderlich, nach festgelegten Verfahren bestimmt werden kann /128/.

Die Gesamtheit der vorgenannten Regelungen definiert die Anforderungen an den diesbezüglichen Kenntnisstand der rückzuholenden Abfälle.

Da die rückzuholenden radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern zum Teil in den Geltungsbereich der Kernmaterialien fallen, wird somit mit Beginn der Zwischenlagerung die Einrichtung einer MBZ über Tage notwendig. Darüber hinaus ist die Kenntnis des Bestandes an Kernbrennstoffen im Rahmen von Genehmigungsplanungen und der Anwendung geltender Genehmigungsvorschriften notwendige Voraussetzung. Hierzu belastbare Angaben über die genaue Menge an Kernbrennstoffmassen/-material und über deren Verteilungen in jeweiligen Einlagerungskammern liegen zum heutigen Zeitpunkt nicht vor. Dieser Sachverhalt wurde im Rahmen einer Überprüfung des Abfallinventars der Schachanlage Asse II durch einen Abgleich der Betriebsdokumente zur Einlagerung, der Euratom-Meldung für die Schachanlage Asse II, der zwischenzeitlich nachrecherchierten Ergebnisse durch das Helmholtz Zentrums München und der in der Datenbank Assekat eingetragenen Daten in Bezug auf die Kernbrennstoffdaten beschrieben /130/. Als Fazit der Überprüfung wurde empfohlen, die Angaben zur Isotopenzusammensetzung von Plutonium und Uran in der Datenbank Assekat/PAI hinsichtlich der Deklaration des Kernbrennstoffinventars anzupassen /130/. Schwerpunkt ist dabei, den Anteil des U-235 am Urangemisch besser zu spezifizieren.

Dosisleistungsangaben

Für die Planung von Strahlenschutzmaßnahmen beim Umgang mit den radioaktiven Abfällen sowie die Auswahl geeigneter Verpackungen ist die Kenntnis der Dosisleistung zum Zeitpunkt der Durchführung der Rückholung erforderlich. Gegenwärtig liegen in der Assekat nur zum Zeitpunkt der Einlagerung ermittelte Dosisleistungen vor. Eine belastbare Hochrechnung der Dosisleistung auf den Rückholzeitraum, an dem gammastrahlende dosisleistungsrelevante Nuklide wie Co-60 erheblich und Cs-137 deutlich abgeklungen sind und ursprünglich weniger dosisleistungsrelevante Nuklide mit weicheren Gammalinien bzw. geringeren Emissionswahrscheinlichkeiten dominieren, ist gegenwärtig nicht aus der Assekat verfügbar.

4.2.3 Erkundungsprogramm

Wie oben beschrieben, basiert die Abfalldatenbank Assekat auf der Datengrundlage der Rohdaten aus der Zeit der Einlagerung der radioaktiven Abfälle in die Schachanlage Asse II, so-

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 73 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

dass der Datenumfang und der Detaillierungsgrad dieser Datenbank von der damaligen Herangehensweise der Datendokumentation geprägt und mitbestimmt wird. Das Berechnungsmodul zur Aktualisierung des Asse-Inventars und diverse Datenpräzisierungen auf der Basis von stattgefundenen Dokumentenrecherchen haben dazu beigetragen, dass die Assekat, trotz einer überschaubaren Datenbasis, als Werkzeug zur Abschätzung von Strahlenexpositionen sowie zur konzeptionellen Planung betrieblicher Strahlenschutzmaßnahmen genutzt werden kann. Vor dem Hintergrund, dass die Assekat für verschiedene Zwecke praktisch angewendet wird und auch für die Erstellung von Antragsunterlagen zur Genehmigung der Rückholung der radioaktiven Abfälle erforderlich sein wird, empfiehlt sich eine Überprüfung und belastbar begründete Ergänzung der mit den Aktivitäts-Ermittlungsmethoden „nicht berechnet“, „keine Angaben“ oder „Charge vernachlässigt“ verknüpften Chargen sowie Module zur Abfrage der Anteile an Kernbrennstoffen/Kernmaterial in Verbindung mit Informationen des Anreicherungsgrades sowie zur Dosisleistung der eingelagerten Gebinde zum Rückholzeitpunkt. Auf diese Aspekte wurde auch im Erkundungsprogramm zur ELK 7/725 /4/ hingewiesen.

Im Plan zur Rückholung /126/ wird bereits die Notwendigkeit einer Anpassung der Assekat zur Berücksichtigung abfallspezifischer Anforderungen, die sich aus der Rückholung der Abfälle ergeben, gesehen. Diese soll durch eine neue Abfalldatenbank erfolgen, die sämtliche Ausgangsdokumente oder Beschreibungen (dies umfasst auch die zugrunde gelegten Nuklidvektoren, die letztendlich das Abfallinventar beschreiben) der Abfälle in nachvollziehbarer Weise enthält.

4.3 Radiologischer Zustand der aufzufahrenden Bereiche des Grubenraums

4.3.1 Ist-Stand

Wie im Technischen Konzept und Sicherheits- und Nachweiskonzept (vgl. AP10/11a /3/) zur Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 725- und 750-m-Sohle bereits beschrieben, müssen im Rahmen der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II planmäßig diverse Strecken sowie Hilfs- und Grubenbaue neuaufgefahrend werden. Nach aktuellem Planungsstand sind die derzeit bestehenden Strecken und Baue (mit Ausnahme der unverfüllten Einlagerungskammern) der 750-m-Sohle, 775-m-Sohle und 800-m-Sohle zu Beginn der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II versetzt (Sturz-, Blas- oder Pumpversatz), sodass eine Erweiterung bestehender Strecken und Baue keine Option darstellt. Sehr wohl ist hingegen eine Durchörterung ehemaliger und dann verfüllter Strecken und Baue möglich.

In der Schachanlage Asse II sind sogenannte Verdachtsflächen vorhanden. Dieser Begriff umfasst Bereiche, in denen in der Vergangenheit mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wurde und abgedeckte Restkontaminationen vorhanden sind oder nicht ausgeschlossen werden können, die Voraussetzungen für die Einrichtung eines Strahlenschutzbereichs aber nicht gegeben sind /131/. Die Verdachtsflächen sind im nachfolgenden Sohlenriss (Abbildung

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 74 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

11) der 750-m-Sohle gelb gekennzeichnet. Als weitere Verdachtsflächen werden nachfolgend auch Auffahrungen im Nahbereich der Einlagerungskammern (inklusive radiologische Barriere) sowie der Überschritt im First- und Stoßbereich der Einlagerungskammern verstanden. Für den Kontaminationszustand der entsprechenden Haufwerksmassen wird davon ausgegangen, dass mindestens eine Handhabung unter Tage mit dem 10-fachen der Freigrenze (Anlage III Tab. 1 Spalte 3 der StrlSchV vom 20. Juli 2001¹⁹ /132/) möglich wird, ggf. ist auch ein Freigabeverfahren gem. Kapitel 3 StrlSchV vom 29. November 2018 /133/ unter Berücksichtigung der Freigabewerte für eine uneingeschränkte Freigabe gem. Anlage 4 Tab. 1 Spalte 3 der StrlSchV vom 29. November 2018 /133/ anzustreben.

Stellen, an denen Zutrittslösungen gefasst wurden, die gem. Jahresbericht 2016 /134/ Kontaminationen oberhalb 1/10tel der Freigabewerte für eine uneingeschränkte Freigabe gem. Anlage 4 Tab. 1 Spalte 3 der StrlSchV vom 29. November 2018 /133/ aufweisen, deren Kontaminationen aber unterhalb dem 10-fachen der Freigrenze (Anlage III Tab. 1 Spalte 3 der StrlSchV vom 20. Juli 2001 /132/) liegen, sind in Abbildung 11 als schwarz/gelb-gestreifte Kreise dargestellt.

Des Weiteren liegen Hinweise vor, dass kontaminierte Lösung in den Abbau 12 des Carnallitabbaufeldes vorgedrungen ist und den Sohlenbereich kontaminiert hat. Daher wird auch dieser Abbau 12 in Abbildung 11 als Verdachtsfläche ausgewiesen (siehe schwarz/gelbe Schraffur in der Abbildung).

Außerdem muss von Bereichen ausgegangen werden, die relevante Kontaminationen oberhalb der Werte für eine uneingeschränkte Freigabe nach Anlage 4 Tab. 1 Spalte 3 der StrlSchV vom 29. November 2018 /133/ und ggf. auch über dem 10-fache der Freigrenzen nach Anlage III Tab. 1 Spalte 3 der StrlSchV vom 20. Juli 2001¹⁹ /132/ aufweisen können. Diese Bereiche mit zu besorgender Kontamination sind in nachfolgender Abbildung 11 rot gekennzeichnet. Dies umfasst auch das Salzhauwerk, das aus den Unterschnitten im Sohlenbereich der Einlagerungskammern anfallen wird.

Stellen an denen Zutrittswasser gefasst wurden, die gem. Jahresbericht 2016 /134/ eine Kontamination oberhalb des 10-fachen der Freigrenze (Anlage III Tab. 1 Spalte 3 der StrlSchV vom 20. Juli 2001¹⁹ /132/) aufweisen, sind in Abbildung 11 als schwarz/rot-gestreifte Kreise gekennzeichnet.

Für sämtliche restliche Flächen (grüne Bereiche) besteht kein Verdacht auf das Vorhandensein von Kontaminationen radioaktiver Stoffe. Stellen, an denen Zutrittswasser gefasst wurden, die radiologisch unbedeutsam sind, sind in Abbildung 11 als schwarz/grün-gestreifte Kreise dargestellt.

¹⁹ in Konsistenz mit §57b AtG

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 75 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

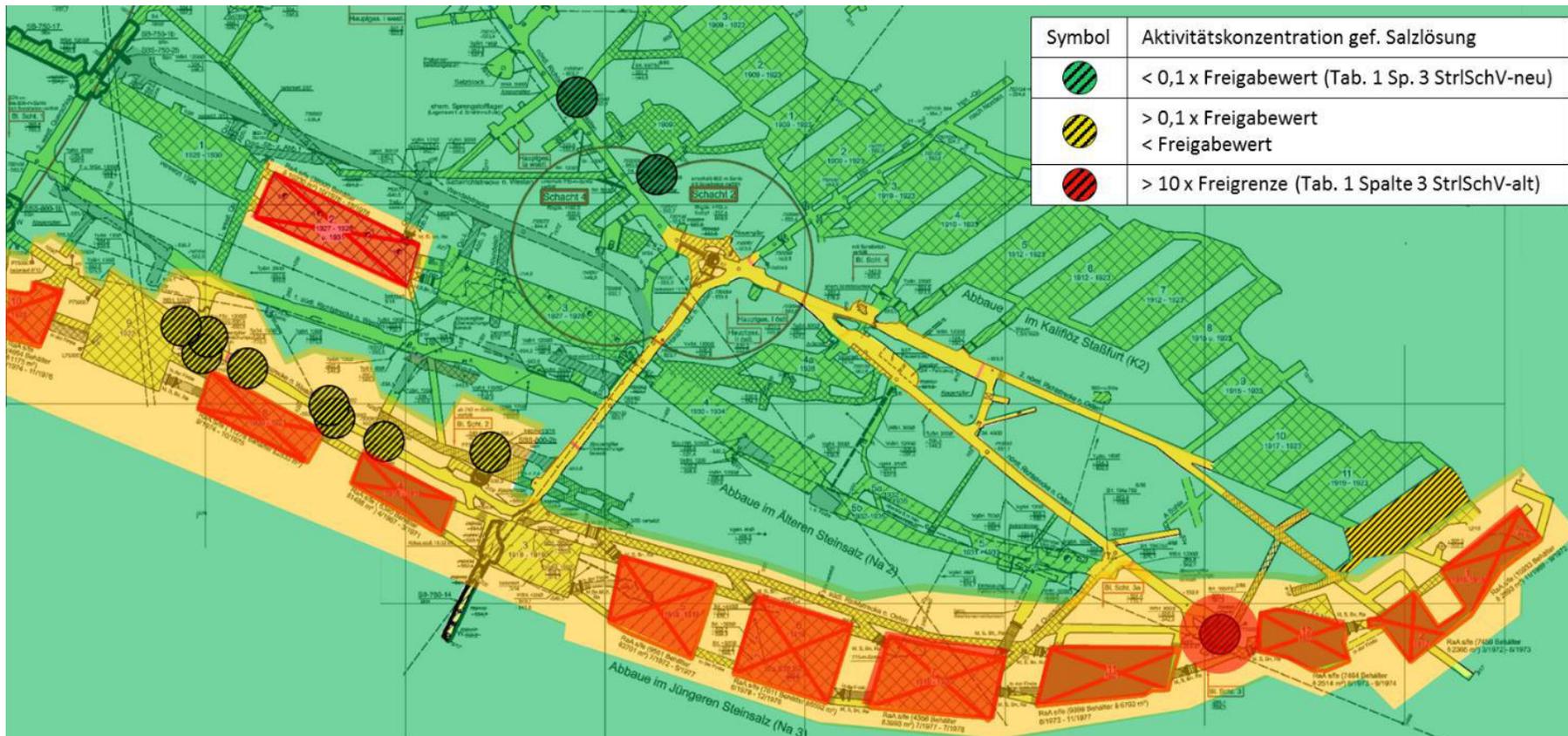


Abbildung 11: Ausweisung möglicher Verdachtsflächen (Gelb), Bereiche voraussichtlich relevanter Kontaminationen (Rot), Bereiche mit nicht zu besorgender Kontamination (Grün) sowie Faszstellen von Zutrittswässern auf Basis der Unterlage /137/, markscheiderische Grundlage Auszug Sohlenriss der 750-m-Sohle des Risswerks

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 76 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Im Grubengebäude der Schachanlage Asse II sind weitere Verdachtsflächen bekannt (z. B. auf den 725-m-, 775-m- und 800-m-Sohle). Die in diesem Kapitel erläuterte Systematik der Kategorisierung ist auch auf diese Sohlenbereiche übertragbar.

Zielstellung der oben beschriebenen Bereichseinteilung ist eine Zuordnung, der in den jeweiligen Bereichen infolge von Auffahrungen anfallenden Salzgrusmassen, zu den entsprechend geeigneten Entsorgungswegen. Mit Entsorgung ist im Zusammenhang mit radioaktiven Stoffen der gesamte Bereich der Abfall- und Reststoffbehandlung zu verstehen. Darin sind alle Maßnahmen von der Sammlung und Erfassung über die Vorbehandlung, messtechnische Kontrolle und Konditionierung sowie die Zwischen- und Endlagerung enthalten. Als Entsorgungswege sind nach dem Atomgesetz die Wiederverwendung und Verwertung, die Beseitigung als radioaktiver Abfall sowie die Freigabe gleichrangige Alternativen. Die nachfolgende Tabelle 13 gibt die Zuordnung der Entsorgungswege dieser Salzgrusmassen entsprechend der radiologischen Einstufung der jeweiligen Bereiche wieder.

Tabelle 13: Zuordnung der Entsorgungswege zu Salzgrus entsprechend der radiologischen Einstufung der Herkunft aus dem Grubengebäude

Entsorgungsweg nach AtG/StrlSchV	Bereiche im Grubengebäude
Herausgabeverfahren	<ul style="list-style-type: none"> Bereiche ohne (Verdacht auf) Kontamination
Handhabung uT mit ≤ 10 -fache Freigrenze (§ 57b AtG) oder x-fache Freigrenze ²⁰	<ul style="list-style-type: none"> Verdachtsflächen Bereiche mit bekannter radioaktiver Kontamination (≤ 10-fache FG) Bereiche mit nicht auszuschließender radioaktiver Kontamination
Freigabeverfahren Kapitel 3 StrlSchV /133/	
Entsorgung	<ul style="list-style-type: none"> Bereiche mit bekannter oder zu besorgender Kontamination oberhalb Freigabewerten /133/ bzw. 10-fache der Freigrenzen /132/ oder x-fache²⁰ Freigrenze

Das Entsorgungsziel der Salzgrusmassen, die einem Herausgabeverfahren zugeführt werden, ist die konventionelle Entsorgung über Tage. Dieser Entsorgungsweg ist nur einschlagbar für

²⁰ Im Rahmen des Genehmigungs- oder Freigabeverfahrens noch festzulegendes Vielfaches x der Freigrenze

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 77 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Massen, für die plausibel kein Kontaminationsverdacht vorliegt, z. B. aus der Betrachtung der Betriebshistorie. Zusätzlich zu den Plausibilitätsbetrachtungen unter Berücksichtigung der Historie ist die Kontaminationsfreiheit von Stoffen, die einer Herausgabe zugeführt werden sollen, auch über stichprobenhafte Beweissicherungsmessungen zu belegen (üblicherweise auf einem Zehntelniveau der Freigabewerte für eine uneingeschränkte Freigabe).

„Sind sowohl aus der Betriebshistorie als auch aus den Ergebnissen beweisichernder Messungen keine Hinweise auf Kontamination aus dem Anlagenbetrieb vorhanden, können die Materialien ohne eine Freigabe konventionell entsorgt oder weiter genutzt werden.“

Sollten sich bei diesen Beweissicherungsmessungen Befunde auf radioaktive Stoffe ergeben, die aus dem Betrieb der Anlage stammen, so wird geprüft, ob die ursprüngliche Annahme der Kontaminationsfreiheit zu korrigieren ist. In der Regel führt dies dazu, dass die aus diesem Bereich stammenden Materialien komplett einem Freigabeverfahren zugeführt werden“ /135/.

Das Entsorgungsziel der Salzgrusmassen, die einem Freigabeverfahren zugeführt werden, ist die konventionelle Entsorgung über Tage nach erfolgreicher Freigabe. In der Regel ist hierzu vom Anlagenbetreiber ein Freigabekonzept auf Basis von Voruntersuchungen zu entwickeln. Die Voruntersuchungen umfassen üblicherweise Erkenntnisse aus an repräsentativen Bereichen genommenen Proben. Diese werden, zur Identifizierung des vorliegenden Nuklidspektrums, hinsichtlich der enthaltenen Radionuklide (α -, β -, γ -Strahlern) ausgewertet, sodass auf Basis der analysierten Nuklidzusammensetzung möglicherweise geeignete Nuklidvektoren ermittelt werden können, die im Freigabeverfahren zu verifizieren sein werden.

Salzgrusmassen aus Bereichen mit bekannter Kontamination oder hoher Wahrscheinlichkeit anzutreffender Kontaminationen (oberhalb Freigabewerten bzw. 10-fache der Freigrenzen oder x-fache Freigrenze) sind als radioaktiver Abfall zu entsorgen.

4.3.2 Erkundungsbedarf

Im Vorfeld planmäßiger Auffahrungen von Strecken und Grubenbauen ist eine den Auffahrungsbetrieb begleitende Freigabe- oder Herausgabeprozedur konzeptionell zu entwickeln. Eine solche Betrachtung ist nicht trivial, da – im Gegensatz zu gängigen, praxisüblichen Freigabe- oder Herausgabeverfahren, z. B. im Kernkraftwerksrückbau – eine Zugänglichkeit der relevanten Bereiche nicht per se gegeben ist bzw. mit Vortrieb erst erschlossen wird. Somit muss ein Konzept entwickelt werden, welches begleitend zum Auffahrungsbetrieb einen sicherheitsgerichteten Umgang mit Salzgrusmassen gewährleistet. Grundsätzlich ist hierbei zwischen Streckenversatz (trocken) und Versatz in der Sohle (nass) zu unterscheiden.

Es wurden bislang sehr umfangreiche Nuklidanalysen an Salzlösungen und Salz im Grubengebäude in Überwachungsbereichen und auf Verdachtsflächen durchgeführt. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass in der Regel nur Cs-137 und H-3 höhere Aktivitätskonzentrationen aufzeigen, sodass eine routinemäßige Kontaminationsüberwachung auf die Bestimmung dieser Leitnuklide ausgerichtet wurde. Alle anderen Nuklide wie Co-60, Am-241, Pu-Nuklide, Thorium- und Uran-Nuklide liegen in der Nähe der Nachweisgrenzen vor /136/. Hierzu ist im Vorfeld des

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 78 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Auffahrungsbetriebs für die jeweiligen Bereiche festzulegen, in welchem Umfang (Anzahl) und in welcher Art (statistische Probennahme oder Mischproben) repräsentative Proben zu gewinnen sind, welche Messtechniken und -verfahren sinnvoll eingesetzt werden können (vgl. Kapitel 4.1) und zu welchen Bereichen geeignete Nuklidvektoren zur Bewertung der radiologischen Situation abgeleitet werden können, die dann im Rahmen der Freigabeverfahren zu verifizieren sind.

4.3.3 Erkundungsprogramm

Im Rahmen von später durchzuführenden Mess- und Freigabeverfahren (vgl. Kapitel 4.3.2) ist die Repräsentativität von Nuklidvektoren durch geeignete Verifizierungsmethoden zu zeigen. Für die frühzeitige Herleitung relevanter Nuklidvektoren wird in diesem Zusammenhang empfohlen, an heute noch offenstehenden und zugänglichen Bereichen der Schachanlage Asse II mit bekannter Kontamination (z. B. Laugenkontrollbohrung in der nordöstlichen Richtstrecke nach Osten vor ELK 12/750, zugängliche Verdachtsflächen) radiologische Analysen der in den Entnahmeprobe enthaltenen Radionuklide durchzuführen. Auch beispielsweise im Rahmen der Faktenerhebung an den ELK 12/750 und 7/750 gewonnenes Bohrklein kann herangezogen werden (vgl. auch Kapitel 4.5).

Insgesamt ist es sinnvoll, noch während der Offenhaltung sowie während der Verfüllung übersichtsweise und an ausgewählten Stellen des Grubengebäudes Proben zu entnehmen, um die Gesamtübersicht über den Kontaminationszustand des Grubengebäudes weiter zu verbessern und ggf. Verdachtsflächen zu identifizieren oder auszuschließen. Hierzu wird unterstellt, dass der Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen unter die Regelungen der sodann bestehenden Umgangsgenehmigung fällt.

Für die Entsorgungswege Herausgabeverfahren und Freigabeverfahren sind jeweils eigenständige Konzepte zu entwickeln. In den Konzepten sind auch geeignete Messverfahren und -techniken aufzuführen, die die aus den Entsorgungswegen resultierenden Anforderungen an Messgenauigkeit berücksichtigen. Beispielsweise müssen die Erkennungsgrenzen der Verfahren beweissichernder Messungen gemäß den Anforderungen der ESK-Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen etwa um einen Faktor 10 unterhalb der Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe liegen. Insbesondere werden hohe Anforderungen an die Herstellung von Mischproben und an die daraus repräsentative Probenahme gestellt. Die Kriterien sind hierfür noch zu erstellen.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 79 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

4.4 Kammeratmosphäre

4.4.1 Ist-Stand

Die Zusammensetzung der Kammeratmosphäre unter radiologischen Gesichtspunkten ist für die meisten Einlagerungskammern der 750-m-Sohle nicht bekannt /137/. Insbesondere liegen nur wenige spezifische Kenntnisse über Konzentrationen, Änderungen von Konzentration mit der Zeit und Quellterme von radioaktiven Edelgasen wie Rn-222, Rn-220 und Kr-85 sowie ggf. weiterer volatiler Stoffe für die einzelnen Einlagerungskammern vor. Im Rahmen der Faktenerhebung wurden für die ELK 7/750 Kenntnisse bzgl. der Kammeratmosphäre gewonnen /73/, /74/. Bei den aktuell in Vorbereitung befindlichen Erkundungsmaßnahmen an der ELK 12/750 kann das Kenntnisdefizit bzgl. der Kammeratmosphäre dieser ELK ebenfalls minimiert werden. Aufgrund der Begehrbarkeit ist die Nuklidzusammensetzung (im Wesentlichen Radon (Rn-222) und Tritium (H-3)) der Kammeratmosphäre der ELK 7/725 bekannt (/4/, /5/).

Im Rahmen der Faktenerhebung an der ELK 7/750 wurde die Bohrung B_A erstellt, in deren Verlauf ein Hohlraum im Firstbereich angebohrt wurde. Durch diese Bohrung war es möglich, die Kammeratmosphäre direkt zu messen. Bei der Auswertung der Messungen konnten Rn-222-Konzentrationen von bis zu 45.000 Bq/m³ sowie Kr-85-Konzentrationen von 70.000 Bq/m³ ermittelt werden /138/. Es liegen weitere Auswertungen von Gasproben von Bohrungen, die im Rahmen der Faktenerhebung der ELK 7/750 entstanden sind, vor, allerdings keine weiteren aus Hohlräumebereichen der Einlagerungskammern /73/, /74/. Quellterme sind nicht bestimmt worden.

Die Untersuchungen am Gesenk 10 (/80/, /139/, /140/, /141/, /142/, /143/) tragen zum tiefergehenden Verständnis von Transportprozessen des radioaktiven Edelgases Rn-222 bei und geben Hinweise auf die Konzentration flüchtiger radioaktiver Stoffe im Einlagerungsbereich, der die Einlagerungskammern 1/750, 2/750 und 12/750 umfasst. Die Erkenntnisse können einen wichtigen Beitrag zur Deutung und Bewertung von im Rahmen der Erkundungen gewonnen Messergebnissen liefern.

4.4.2 Erkundungsbedarf

Eine möglichst genaue Kenntnis der Zusammensetzung der Kammeratmosphäre, insbesondere der Quellterme radioaktiver Edelgase, trägt zur Absicherung der Rückholplanung bzgl. der zu genehmigenden und zu beherrschenden Ableitungen in die Umgebung der Anlage entsprechend dem Sicherheits- und Nachweiskonzept bei. Des Weiteren können die Kenntnisse dazu genutzt werden, die notwendigen Arbeits- und Strahlenschutzmaßnahmen für das im Nahbereich der Einlagerungskammern tätige Personal angemessen festzulegen.

Aufgrund der weitgehenden Unkenntnis der spezifischen Kammeratmosphären der einzelnen Einlagerungskammern besteht neben den im geologischen Teil genannten Aspekten auch unter radiologischen Gesichtspunkten und vor dem o. g. Hintergrund Erkundungsinteresse bzgl. einer radiologischen Charakterisierung der Kammeratmosphäre. Ein Hauptaugenmerk liegt

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 80 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

bei diesen Erkundungen auf Rn-222 (Radon) und Rn-220 (Thoron) (und den Randbedingungen wie Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte etc.). Auch Untersuchungen auf weitere an Schwebstoffe gebundene Nuklide bzw. auf Radonfolgeprodukten können Erkenntnisgewinne für die Planung liefern. Kr-85, H-3 sowie C-14 spielen aufgrund ihres sehr geringen Beitrages zur Strahlenexposition des Personals und der Bevölkerung keine wesentliche Rolle. H-3 liegt in den Werten der Asse überwiegend als HTO vor und wird in der Atmosphäre als Dampf auftreten. Es kann damit möglicherweise bei höheren Konzentrationen Hinweise auf Durchlässigkeiten des Salzgesteins liefern.

4.4.3 Erkundungsprogramm

Um Informationen über Freisetzung und Transport von Radon und Thoron aus den Einlagerungskammern über Klüfte, Risse und ggf. Gebindeleckagen in die jeweilige Kammeratmosphäre zu erhalten, kann im Rahmen des radiologischen Erkundungsprogramms die Ermittlung der Radon-/Thoronkonzentration in der Kammeratmosphäre dienlich sein. Für solche Erkundungen wären Bohrungen notwendig (siehe Kapitel 3.3), die in einen Hohlraum der zu untersuchenden Einlagerungskammer reichen, sofern keine anderen Verbindungen zur Atmosphäre einer Einlagerungskammer bestünden. Diese Untersuchungen werden im Rahmen der spezifischen ELK-nahen Erkundungen durchgeführt.

Der Transport des Radons/Thorons im Salz bzw. in den Gebinden bis an die Oberfläche wird im Wesentlichen durch zwei Prozesse bestimmt:

- diffusiver Transport aufgrund von Konzentrationsunterschieden
- Transport infolge von Druckdifferenzen (advektiver Gastransport) /144/,

wobei der advektive Transport infolge von Luftdruckdifferenzen überwiegt.

Bei versetzten Einlagerungskammern können sich im Salzversatz (Zwickel und Hohlräume) lokal höhere Konzentrationen bilden. Bei unversetzten Einlagerungskammern findet der Transport aus den Gebinden direkt in die Kammeratmosphäre statt.

Die Ermittlung des Freisetzungverhalten bzw. Quellterm von Radon/Thoron kann mit Hilfe eines Radon-/Thoron-Monitors erfolgen. Die in dem Messvolumen zunehmende Radon-/Thoron-Konzentration kann kontinuierlich oder in bestimmten Zeitabständen gemessen werden /144/. Um Erkenntnisse zum Freisetzungverhalten und den Transportmechanismen von Thoron und Radon aus den oben beschriebenen Messungen generieren zu können, sind die Messumgebungsbedingungen (rel. Luftfeuchte, Luftdruck, Temperatur) begleitend zu erfassen. Inwiefern durch erhöhte Radon-/Thoron-Messwerte direkte Aussagen zu Freisetz- und Transportmechanismen von Thoron und Radon aus den Einlagerungsbereichen über Klüfte, Risse und ggf. Gebindeleckagen in die Kammeratmosphäre zu generieren sind, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur abgeschätzt werden. Allerdings trägt die Durchführung eines Messprogramms zum Gesamtverständnis der betreffenden Kammer- und Gebindezustände bei.

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 81 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Des Weiteren ist die Kammeratmosphäre auch auf Radon-/Thoron-Folgeprodukte zu untersuchen.

Die Untersuchung der Kammeratmosphäre auf Kr-85 dient der Erkundung, ob eingelagertes Inventar vorliegt, welches direkt Kr-85 freisetzt (z. B. ELK 12/750) und hat weiterhin beweissichernden Charakter.

Aufgrund des Vorliegens von H-3 und C-14 in den Grubenwettern der Asse kann zu beweissichernden Zwecken die Kammeratmosphäre auch auf beide Nuklide untersucht werden.

Im Rahmen der Faktenerhebung wurden für die ELK 7/750 einige der oben beschriebenen Analysen durchgeführt /138/, jedoch keine systematischen Quelltermbestimmungen. Sofern Einlagerungskammern im Rahmen von Erkundungen geöffnet werden, sollte das radiologische Untersuchungsprogramm dahingehend erweitert werden, dass die genannten radiologischen Parameter bestimmt werden. Für die Einlagerungskammern der 750-m-Sohle ist eine Erkundung der Kammeratmosphäre nach Möglichkeit und unter Abwägung des Aufwandes durchzuführen. Die Messungen sind nicht als zwingend anzusehen, da eine abdeckende Planung möglich ist, dennoch können entsprechende Informationen Vereinfachungen für die Planung und Genehmigung der Rückholung ermöglichen. Sie sollten immer dann durchgeführt werden, wenn geologische Bohrungen in eine Einlagerungskammer ohnehin vorgesehen sind. Die Einlagerungskammern 5 und 10 bieten sich aufgrund vorhandener leichter Zugänglichkeiten für solche Untersuchungen an. Beispielsweise könnte eine Bohrung in die ELK 5/750 in einen bekannten und markscheiderisch vermessenen Hohlraum erstellt werden, ohne Gebinde anzubohren. Des Weiteren besteht die Möglichkeit die ELK 10/750 über ein Rolloch anzubohren, auch in diesem Bereich liegen keine Gebinde.

Sollten Bohrungen zur Beprobung der Kammeratmosphäre in Hohlräume der Einlagerungskammern führen, so sollten die Bohrlöcher und Zugänglichkeiten zur ELK auch für weitere strahlenschutztechnische und radiologische Untersuchungen verwendet werden. Hierzu zählen u. a eine Erkundung mittels Kamerabefahrung oder auch die Messung der Ortsdosisleistung. Solche Erkundungen können Indizien über den Zustand der eingelagerten Gebinde liefern, wenngleich sie nur punktuelle Aussagen zulassen.

**Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 82 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

4.5 Radiologische Erkundungen von Bohrungen im Nahbereich der Einlagerungskammern

4.5.1 Ist-Stand

Im Rahmen der Durchführung von Schritt 1 der Faktenerhebung an der ELK 7/750 konnten Kenntnisse bzgl. der radiologischen Erkundung von Bohrlöchern im Nahbereich von Einlagerungskammern gesammelt werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen an und in den Bohrlöchern sind u. a. in /73/, /74/, /138/ zusammengefasst. Hierbei wurden beispielsweise gewonnene Proben von Bohrklein gammaspektrometrisch untersucht, die Radonkonzentration in den Bohrlöchern bestimmt sowie, falls sinnvoll, die Ortsdosisleistung an verschiedenen Stellen in den Bohrlöchern gemessen.

4.5.2 Erkundungsbedarf

Da aufgrund des im geologischen Teils identifizierten Erkundungsbedarfes zur Ermittlung ELK-spezifischer geologischer und hydrogeologischer Parameter Bohrungen im Nahbereich der Einlagerungskammern erforderlich sein können (siehe Kapitel 3.3), ist es aus radiologischer Sicht als sinnvoll zu betrachten, solche Bohrungen dann auch radiologisch zu erkunden (Erhebung radiologischer Daten wie Radonaktivitätskonzentration, Kontaminationszustand, Dosisleistung etc., vgl. Kapitel 4.1). Nachfolgend werden hier Bohrungen betrachtet, bei denen eine ELK nicht angebohrt wird bzw. die Bohrung die ELK noch nicht erreicht hat. Erkundungen von Bohrungen, die eine ELK erreichen und dem Zwecke dienen, die Kammeratmosphäre analysieren zu können, sind in Kapitel 4.4 beschrieben.

Aus den beschriebenen Bohrlöchern können ggf. Aussagen bzgl. Wegsamkeiten von flüchtigen radioaktiven Stoffen sowie Hinweise auf den radiologischen Zustand der betreffenden Einlagerungskammer abgeleitet werden. Im Rahmen der Faktenerhebung an der ELK 7/750 konnten bereits Kenntnisse gewonnen, die Analysemethodik erprobt und die Erfahrungen mit der Verifizierung von vorher getroffenen Annahmen gesammelt werden. Weiterhin haben die Untersuchungen an und in den Bohrlöchern beweissichernden Charakter. Bohrlöcher, die alleine dem Zweck der Erhebung radiologischer Daten dienen und im Nahbereich einer Einlagerungskammer eingerichtet werden würden, werden aufgrund des relativ hohen Aufwandes, der zu erwartenden begrenzten Aussagekraft und der Möglichkeit der radiologischen Erkundung von „geologischen Bohrungen“ i. d. R. als nicht sinnvoll angesehen. Die Bohrungen, die allerdings im Nahbereich der Einlagerungskammern bereits existieren bzw. (aus bergbaulichen/geologischen Gründen) noch zu erstellen sind, sollten in Verbindung mit den spezifischen ELK-nahen Erkundungen für radiologische Analysen genutzt werden.

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 83 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

4.5.3 Erkundungsprogramm

In Abhängigkeit von der Beschaffenheit, Anordnung, Lage und Richtung von Bohrlöchern können verschiedene radiologische und strahlenschutztechnische Untersuchungen in geowissenschaftlich/bergbaulich erforderlichen Bohrlöchern (siehe Kapitel 3.3) durchgeführt werden. Diese sind insbesondere bei den spezifischen ELK-nahen Erkundungen als Ergänzungen zu den geowissenschaftlichen/bergbaulichen Maßnahmen durchzuführen.

Die gammaspektrometrische Auswertung und ggf. die vollständige Analyse der in einer Probe enthaltenen Radionuklide (Vollanalyse) von Bohrkleinproben aus unterschiedlichen Bereichen eines Bohrloches kann Hinweise auf die Ablagerung von z. B. Radonfolgeprodukten in Schweben oder Pfeilern im Nahbereich von Einlagerungskammern geben und damit ein Indiz für vorhandene Kluftsysteme und Porositäten sein. Ggf. können Bereiche identifiziert werden, die mit der Atmosphäre der betreffenden Einlagerungskammer in Kontakt stehen. Hieraus könnten Rückschlüsse auf Wegsamkeiten gezogen werden. Einen weiteren Hinweis für solche Verbindungen können Radonmessungen im und am Bohrloch liefern. Es ist sinnvoll die Gasatmosphäre des Bohrloches bei Bedarf auch auf C-14- und H-3-Konzentrationen zu überwachen. Dosisleistungsmessungen im Bohrloch und am Bohrklein können indirekten zum Aufschluss über den radiologischen Zustand einer Einlagerungskammer beitragen bzw. haben beweissichernden Charakter.

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 84 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

4.6 Verbleibende Restkontamination und Langzeitsicherheitsnachweis

4.6.1 Ist-Stand

Der § 57b AtG /125/ schreibt die unverzügliche Stilllegung der Schachanlage Asse II nach der Rückholung der radioaktiven Abfälle vor, enthält allerdings keine spezifische Regelungen über das konkrete Ende der Rückholung. Somit enthalten die gesetzlichen Regelungen zur Stilllegung der Schachanlage Asse II auch keine expliziten Vorgaben über den Verbleib etwaiger Restkontaminationen im Grubengebäude.

Insbesondere in den Einlagerungskammern bzw. den einhüllenden Kammerflächen (Stöße, Firste, Sohle) werden Restkontaminationen verbleiben, deren Höhe u. a. vom Umfang des Überschchnittes der Rückholtechnik abhängt. Die Wahl des erforderlichen Überschchnittes greift allerdings massiv in die sicherheitstechnischen Anforderungen u. a. durch Vergrößerung des offenen Grubenraumes in bergbaulich kritischen Bereichen und die Dauer der Rückholung ein und erhöht somit das Risiko eines auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts (AÜL). Weiterhin kann nicht ausgeschlossen werden, dass Kontaminationen tief in Klüfte und Verwerfungen der Kammerkontur vorgedrungen sind, sodass Dekontaminationsmaßnahmen nur mit ggf. unverhältnismäßig großem Aufwand zu einer signifikanten Reduzierung des jeweiligen Kontaminationsniveaus führen würden. Gleichwohl ist die Erfassung und konservative Abschätzung von Restkontaminationen in der Einlagerungskammer bzw. den einhüllenden Kammerflächen (Stöße, Firste, Sohle) unabdingbar, um den erforderlichen Langzeitsicherheitsnachweis (vgl. hierzu /137/) zur Stilllegung der Asse II erstellen zu können. Des Weiteren bestehen gegenwärtig keine abschließenden Betrachtungen bzgl. der Reihenfolge einer Rückholung der Einlagerungskammern, die den größten sicherheitstechnischen Gewinn zum frühestmöglichen Zeitpunkt gewährleistet.

4.6.2 Erkundungsbedarf

Wie im vorherigen Abschnitt dargestellt, liegen derzeit keine Vorgaben über den Verbleib etwaiger unvermeidbarer Restkontaminationen im Grubengebäude vor. Für die konkrete Durchführung der Rückholung in den jeweiligen Einlagerungskammern ist es unter den Randbedingungen des Rückholverfahrens unabdingbar einen solchen Wert vorlaufend zur Rückholung zu definieren. Es ergeben sich durchaus Wechselwirkung zwischen ggf. zulässiger verbleibender Restkontamination und der Auswahl und Anpassung von Rückholverfahren. Auch wenn das Rückholverfahren in hohem Maße anpassungsfähig ist, greift die Wahl des erforderlichen Überschchnittes allerdings massiv in die sicherheitstechnischen Anforderungen u. a. durch Vergrößerung des offenen Grubenraumes in bergbaulich kritischen Bereichen und die Dauer der Rückholung ein und erhöht somit das Risiko eines AÜL. Ebenso hängen der Nachweisaufwand und damit die Dauer der Offenhaltung von der Höhe der zulässigen Restkontamination ab. Um eine verfahrenstechnisch sinnvolle, sicherheitstechnisch vertretbare Rückholung zu gewährleisten, sind deswegen möglichst gute Kenntnisse zur global und lokal zulässigen verbleibenden Restkontamination unbedingt erforderlich, vgl. auch /3/.

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 85 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Für die Rückholung aus den Einlagerungskammern der 750-m-Sohle kann darüber hinaus die Entleerungsfolge der Einlagerungskammern für den Fall eines während der Rückholung eintretenden AÜL eine Rolle spielen, vgl. auch /3/.

Eine Analyse der Konsequenzen, die aus verbleibenden Restkontaminationen nach Rückholung der Abfälle resultieren würden, steht noch aus, ist aus o. g. Gründen jedoch für die genehmigungsfähige Durchführung der Rückholung unabdingbar. Weiterhin sind Fragen der Rückholreihenfolge im Zusammenhang mit den technischen Randbedingungen der Rückholverfahren noch nicht konkret analysiert. Eine solche Analyse muss vorlaufend vor Beginn der Rückholung erfolgen, um die Rückholreihenfolge unter Berücksichtigung verfahrenstechnischer Randbedingungen festlegen zu können.

4.6.3 Erkundungsprogramm

Durch die Fortentwicklung der Planungsarbeit zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II sowie den anknüpfenden Betrachtungen hinsichtlich Konditionierung und Zwischenlager der rückgeholten Abfälle über Tage nimmt die Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben aus Lex Asse /125/ deutlich Konturen an. Es ist zu empfehlen, frühestmöglich vorlaufend zur Rückholung unter der Berücksichtigung aller bis zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung stehenden Informationen Betrachtungen hinsichtlich der zulässigen verbleibenden Restkontamination (z. B. global im Grubengebäude, in den Einlagerungsbereichen, in einzelnen ELK-Bereichen, in lokalen Bereichen) durchzuführen. Des Weiteren sind Hinweise zur Rückholreihenfolge der Einlagerungskammern abzuleiten, um so die verfahrenstechnisch gewählte Reihenfolge sicherheitstechnisch weitergehend zu validieren bzw. zu optimieren. In weiteren Planungsschritten sollten die Betrachtungen zur Langzeitsicherheit mit detaillierteren Informationen wiederholt und überprüft werden.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 86 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

4.7 Zusammenfassung der Maßnahmen und eine Bewertung des Erfordernisses

In der nachfolgenden Tabelle 14 werden die in den Kapiteln 4.2 – 4.6 beschriebenen Erkundungsmaßnahmen zusammenfassend aufgeführt. Die Einschätzungen der Relevanz der Umsetzung dieser Maßnahmen sowie des Arbeitsaufwandes, eines potentiellen Startzeitpunktes und eines qualitativ erwarteten Zeitaufwandes der Maßnahmenumsetzung basieren auf Erfahrungswerten aus atomrechtlichen Genehmigungsverfahren bzw. Rückbauprojekten. Insbesondere die qualitativ eingeschätzte Zeitdauer der Maßnahmenumsetzung ist risikobehaftet und von der Zielorientiertheit aller involvierten Stakeholder abhängig.

Tabelle 14: Zusammenfassung der Maßnahmen des radiologischen Erkundungsprogramms für die Einlagerungskammern der 750-m-Sohle und 725-m-Sohle unter Einschätzung der Relevanz sowie des Aufwandes, des Zeitpunktes und der Dauer der Maßnahmenumsetzung

Lfd. Nr. /Kap./	Erkundungsmaßnahme	Einschätzung Aufwand, Zeitpunkt und Dauer der Maßnahmenumsetzung	Relevanz
1	Recherche zur Beseitigung offener Punkte bei der Aktivitätsdeklaration einiger Abfallgebinde in der Assekat	Arbeitsaufwand: gering pot. Start: sofort Zeitaufwand: sehr kurz bis kurz	Hoch: Unvollständige Datenbasis in Antragsunterlagen kann im Rahmen eines atomrechtlich Genehmigungsverfahrens zu Maßnahmen bzw. Auflagen führen
/4.2.1 - 4.2.3/	Angabe zusätzlicher Daten zum Anreicherungsgrad und zur Dosisleistung am Bezugszeitpunkt	Arbeitsaufwand: gering pot. Start: sofort Zeitaufwand: sehr kurz bis kurz	Mittel bis niedrig: Widersprüche zwischen unterschiedlich erzeugten Datensätzen können vermieden werden, eine Bestimmung der Parameter ist aber immer auch außerhalb der Assekat möglich
2 /4.3.1 - 4.3.3/	Radiologischer Zustand der aufzufahrenden Bereiche des Grubenraums	Arbeitsaufwand: gering bis mittel pot. Start: sofort (Konzeptentwicklung zum Vorgehen) bis auffahrungsbegleitend (Durchführung)	Hoch: Bestandteil eines Freigabe-/Herausgabeverfahrens

**Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 87 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Lfd. Nr. /Kap./	Erkundungsmaßnahme	Einschätzung Aufwand, Zeitpunkt und Dauer der Maßnahmenumsetzung	Relevanz
		Zeitaufwand: lang (abhängig vom Probenahmekonzept & Messverfahren)	
3 /4.4.1 - 4.4.3/	Kammeratmosphäre	Arbeitsaufwand: mittel bis hoch pot. Start: Für ELK 7/725 und ELK 12/750 zeitnah möglich, für ELK 5/750 und ELK 10/750 mittelfristig, für die restlichen Einlagerungskammern der 750-m-Sohle langfristig Zeitaufwand: mittel, da in Verbindung mit geowissenschaftlichen/ bergbaulichen Erkundungen	Mittel: Erkenntnisse bzgl. Transportmechanismen und Quelltermen von rad. Edelgasen und Aerosolen → Einfluss auf Ableitungsbetrachtungen Einfluss auf Umsetzung von StrSch-Maßnahmen zum Schutz des Betriebspersonals
4 /4.5.1 - 4.5.3/	Radiologische Erkundung von Bohrungen im Nahbereich der Einlagerungskammern	Arbeitsaufwand: mittel pot. Start: sofort bzw. zu geowissenschaftlichen/ bergbaulichen Erkundungen begleitend Zeitaufwand: kurz, da im direkten Zusammenhang mit geowissenschaftlichen/ bergbaulichen Erkundung stehend	Mittel bis niedrig: Abhängig vom Bohrtort ELK-ferne Bohrbereiche, mit voraussichtlich geringer rad. Aussagekraft ELK-nahe Bohrbereiche, mit gegebener rad. Aussagekraft
5 /4.6.1 - 4.6.3/	Restkontamination und Langzeitsicherheitsnachweis	Arbeitsaufwand: hoch pot. Start: sobald wesentliche für eine Rückholung notwendige Prozessschritte bekannt und ausgeplant sind (d. h. nach Abschluss der Konzeptplanung) Zeitaufwand: hoch (ist an akt. Planungsstand anzupassen und mit Rückholfortschritt fortzuschreiben – living document)	Hoch: Genehmigungsvoraussetzung; Grundlage für die Berücksichtigung von sicherheitstechnischen und strahlenschutzrelevanten Maßnahmen im Rahmen der Optimierung des Schutzes der Beschäftigten, Bevölkerung und Umwelt

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 88 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Der Aufwand zur Umsetzung der in obiger Tabelle 14 mit der laufenden Nummer 1 gelisteten Maßnahmen wird als gering eingeschätzt, da diese Arbeiten sich auf Recherche- und Datenpflegearbeiten beschränken. Weitere Stakeholder sind zur Umsetzung nicht involviert. Die Relevanz der Recherche zur Beseitigung offener Punkte bei der Aktivitätsdeklaration einiger Abfallgebinde in der Assekat wird als hoch angesehen, da der Genehmigungsbehörde im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens plausible und widerspruchsfreie Antragsunterlagen vorzulegen sind. Hierbei kann auch eine nachvollziehbare Herleitung und Argumentation von Nulleinträgen in der Assekat ausreichend sein. Die Relevanz zu der Angabe zusätzlicher Daten (Anreicherungsgrad und Dosisleistung am Bezugszeitpunkt) wird als mittel bis niedrig eingeschätzt, da eine Bestimmung der Parameter auch außerhalb der Assekat möglich ist. Darüber hinaus beziehen sich die in der Assekat hinterlegten chargenspezifischen Dosisleistungen auf das damalige Ausfertigungsdatum der Begleitlisten, und stellen somit eine konservative Betrachtung dar, die eher zu einer Erhöhung der zu ergreifenden Schutzmaßnahmen führt.

Die in Tabelle 14 mit den laufenden Nummern 2 bis 4 gelisteten Maßnahmen können im Rahmen der vorlaufenden Erkundungen begonnen, als auch in Verbindung mit den spezifischen ELK-nahen Erkundungen bis zum Beginn der Rückholung der radioaktiven Abfälle (Phase B) durchgeführt werden. Da sicherheitstechnische Vorkehrungen und Maßnahmen teilweise bereits erprobt sind und Arbeiten bereits laufen, wird der Arbeitsaufwand zur Umsetzung dieser Maßnahmen je nach Voraussetzung als gering bis hoch eingeschätzt. Voraussetzung zur Umsetzung dieser Maßnahmen (pot. Start) ist die Zugänglichkeit/Erschließung des jeweils zu erkundenden Bereichs. Die Maßnahmen sind grundsätzlich als Ergänzung geophysikalischer Erkundungen vorzusehen. Die Zielstellung und die geplante Umsetzung dieser Maßnahmen sind voraussichtlich im Rahmen einer Genehmigung der Aufsichtsbehörde anzuzeigen.

Die Tätigkeiten zu den in obiger Tabelle 14 mit der laufenden Nummern 5 gelisteten Maßnahmen dienen als Grundlage von sicherheitstechnischen und strahlenschutzrelevanten Maßnahmen zur Optimierung des Schutzes der Beschäftigten, der Bevölkerung und der Umwelt. Daher wird die Umsetzung als notwendig betrachtet und dementsprechend eine hohe Relevanz zugeordnet. Die frühzeitige Erstellung in einer Planungsphase der Rückholung und das an den aktuellen Stand der Planungen der Rückholung der radioaktiven Abfälle angepasste Fortschreiben der Analysen und Nachweise wird voraussichtlich ein bis zur Stilllegung der Schachanlage Asse II begleitender Prozess sein (Zeit- und Arbeitsaufwand: hoch).

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 89 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

5 Zusammenfassung

Umfangreiche Dokumente zur Beschreibung der Situation sowie zu Überwachungsprogrammen in der Schachtanlage Asse II liegen vor. Das Ziel dieses Berichtes ist es, den Erkundungsbedarf aus Sicht der Rückholungsplanung und dafür anwendbare Verfahren zu beschreiben. Ziel weiterer Erkundung bzw. Datenerhebung soll die Validierung und Verifizierung von Modellvorstellungen sowie die Bestätigung von planungsseitigen Annahmen bzw. Erkenntnisgewinn für mögliche planerische Alternativen sein. Diese Modelle und Annahmen sind letztendlich die Basis für Genehmigungs- und Ausführungsunterlagen sowie der Nachweisführung.

Es wird davon ausgegangen, dass die Datenerhebung des Geomonitorings am Standort weitergeführt wird und ggf. um weitere Aspekte oder Lokationen für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle zu einem rückholungsbegleitenden Monitoring erweitert wird. Dieses wird über die gesamte Dauer der Rückholung durchgeführt, um Kenntnisse über die zeitabhängige Entwicklung von Messgrößen zu erhalten.

Hinsichtlich der Erkundung im Sinne einer Datenerhebung zum Zweck der weiteren Planung, Genehmigung und Ausführung der Rückholtätigkeiten entsprechend des technischen Konzeptes (vgl. AP10/11a /3/ und AP12/13 /2/) wird zwischen vorlaufender und spezifischer ELK-nahe Erkundung unterschieden. Die vorlaufende Erkundung dient zur Erlangung von verbesserten Informationen, die als Basis für die Genehmigungsanträge für die Rückholung dienen sollen und liefert somit für die vorhergehende Genehmigungs- und Ausführungsplanung aktuelle Eingangsdaten. Die spezifische ELK-nahe Erkundung ist als „rückholungsbegleitende“ Erkundung während Phase A (Vorbereitung) der Rückholung bis zur Phase B (Durchführung der Rückholung in der jeweiligen ELK) zu verstehen.

Der geowissenschaftliche und bergbauliche Teil des Erkundungsprogrammes umfasst die Themenkomplexe Geologie, Hydrogeologie, Salzlösungsvorkommen, Gebirgsmechanik und ELK-Informationen. Letztere umfassen vor allem Fragestellungen zum Hohlraum und der Kontur der jeweiligen ELK. Hierfür wurden je ELK die grundsätzlichen Erkundungsbedarfe benannt und für die entsprechenden Themenkomplexe/Fragestellungen anwendbare Verfahren aufgezeigt.

Das radiologische Erkundungsprogramm umfasst die Themenkomplexe Einlagerungskammerinventare, radiologischer Zustand der aufzufahrenden Bereiche des Grubenraums, Kammeratmosphäre, radiologische Erkundung von Bohrlöchern und Voraussetzungen für den Langzeitsicherheitsnachweis. Hierfür wurden folgende wesentliche Erkundungsmaßnahmen zur Reduzierung der identifizierten, offenen Themenschwerpunkte abgeleitet, um weitere Erkenntnisgewinne generieren zu können:

- Weitere Verbesserung der Daten der Assekate hinsichtlich Aktivitätsdeklaration, Dosisleistung und Kernbrennstoff,
- frühzeitige Bestimmung grundsätzlicher Nuklidvektoren,

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 90 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- Entwicklung praxisorientierter Herausgabe- und Freigabekonzepte für infolge von Auf-fahrungen des Grubenraums anfallender Salzhauwerksmassen,
- Analyse der Kammeratmosphäre der Einlagerungskammern der 750-m-Sohle,
- radiologische Erkundung von Bohrungen im Nahbereich der Einlagerungskammern,
- frühzeitige Erstellung von Analysen und Betrachtungen für die verbleibende Restkonta-mination aus Sicht des Langzeitsicherheitsnachweises in der Planungsphase der Rück-holung sowie deren Fortschreibung.

Für die radiologischen Erkundungsmaßnahmen erfolgt eine Abschätzung der Relevanz der Umsetzung dieser Maßnahmen sowie des Arbeitsaufwandes, eines potentiellen Startzeitpunktes und eines qualitativ erwarteten Zeitaufwandes der Maßnahmenumsetzung.

In der Praxis werden bei einer Erkundungskampagne sicherlich sowohl geowissenschaftliche als auch radiologische Fragestellungen untersucht. Wird z. B. eine Bohrung in den Nahbereich (z. B. Pfeiler) einer ELK erstellt, um gebirgsmechanische Parameter zu bestimmen, wird dieses Bohrloch auch dazu genutzt, weitere Untersuchungen hinsichtlich Geologie, Hydrogeologie sowie radiologischem Zustand durchzuführen und über entsprechende Verfahren nach Möglichkeit auch Daten zu ELK-Informationen (z. B. Kontur) zu ermitteln.

Zu welchem Zeitpunkt welche Untersuchungen von welchem Ort der Grube aus durchgeführt werden sollen, kann im Rahmen des Arbeitspaketes AP 11b nicht geplant werden. Die genaue zeitliche und räumliche Einordnung ist zum einen abhängig von den Anforderungen der für weitere Planungsstufen bzw. Genehmigungs- und Ausführungsunterlagen zu verwendenden (gebirgsmechanischen, hydrogeologischen und radiologischen) Modelle an die Genauigkeit/Detailliertheit der Eingangsinformationen. Zum anderen ist die weitere Durchführung von Erkundungsmaßnahmen abhängig von der Situation in der Schachtanlage Asse II, d. h. vom aktuellen Stand der Arbeiten u. a. bei der Umsetzung der Notfallvorsorgenmaßnahmen auf der 750-m-Sohle, dem Offenhaltungsbetrieb und der personellen sowie ausrüstungstechnischen Ausstattung des derzeitigen Betriebes. Diese Informationen liegen hier nicht vor. Im Rahmen der unmittelbar folgenden Planungsschritte ist jedoch zu erwarten, dass mit Festlegung der Genehmigungsstrategie und verstärkter Koordination der verschiedenen Planungsprojekte der Rückholung uT und üT eine Einordnung möglich wird.

Wie eingangs beschrieben, beruht jede Bergbauplanung – wie auch diese Rückholungsplanung – zu einem gewissen Grad auf Annahmen. Die weitere Planung der Rückholung anhand des ausgewählten Rückholverfahrens Teilflächenbau von oben mit Ausbauelementen /3/ würde durch fehlende aktuelle Daten nicht unmöglich sein, sondern würde auf konservativen, ggf. auch sehr konservativen Annahmen beruhen. Je genauer die Kenntnisse der Eingangsdaten für die Planung (z. B. gebirgsmechanische Parameter), desto zielgerichteter lassen sich Konsequenzen für die Planung abschätzen und desto besser lassen sich notwendige Maßnahmen (z. B. Hohlraumdimensionierung, Streckenausbau oder strahlenschutztechnische Maßnahmen) für die Rückholtätigkeiten planen.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 91 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Literaturverzeichnis

- /1/ Ahmed, S. N., Gagnon, J. D., Makhdoom, M. N., Naeem, R. & Wang, J. (2017): New methods and equipment for three-dimensional laser scanning, mapping and profiling underground mine cavities. Underground Mining Technology 2017, Perth, 8 S.
- /2/ Arge KR (2020a): Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle, Arbeitspaket 12/13: Zeit- und Kostenschätzung – Entwurf. Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“ („Arge KR“), Gelsenkirchen, 25.09.2020, KZL 9A/23510000/GHB/RZ/0123/00.
- /3/ Arge KR (2020b): Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle, Arbeitspakete 10/11a: Konzeptplanung der abgeleiteten Vorzugsvariante mit Sicherheits- und Nachweiskonzept – Arbeitsstand. Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“ („Arge KR“), Gelsenkirchen, 31.07.2020, KZL 9A/23510000/GHB/RZ/0121/00.
- /4/ Arge KR (2019a): Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725, Arbeitspaket 07: Erkundungsprogramm. Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“ („Arge KR“), Gelsenkirchen, 30.06.2019, KZL: 9A/23530000/GHB/RZ/0094/00.
- /5/ Arge KR (2019b): Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725, Arbeitspaket 05: Technisches Konzept, Arbeitspaket 06: Sicherheits- und Nachweiskonzept. Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“ („Arge KR“), Gelsenkirchen, 20.08.2019, KZL: 9A/23530000/GHB/RZ/0117/00.
- /6/ Arge KR (2019c): Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle, Arbeitspaket 07: Bewertung der Grobkonzepte – Entwurf. Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“ („Arge KR“), Gelsenkirchen, 28.02.2019, KZL: 9A/23510000/GHB/RZ/0082/00.
- /7/ Arge KR (2016): Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 725- und der 750-m-Sohle, Arbeitspaket 06: Grobkonzepte. Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“ („Arge KR“), Gelsenkirchen, 16.12.2016, KZL: 9A/23510000/GHB/RZ/0073/00.
- /8/ Arge KR (2015): Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 725- und 750-m-Sohle, Arbeitspaket 01: Teilbericht zu den Planungsgrundlagen. Arbeitsgemeinschaft „Konzeptplanung Rückholung“ („Arge KR“), Gelsenkirchen, 18.12.2015, KZL: 9A/23510000/GHB/RZ/BW/0057/00.
- /9/ Asse (2019a): Schachtanlage Asse II / Speicherbergwerk, Geologischer Riss 750-m-Sohle, Betriebszustand: 31.03.2019, Asse-GmbH, Remlingen, 1 S.
- /10/ Asse (2019b): Schachtanlage Asse II / Speicherbergwerk, Geologischer Riss Schnitt 2, Betriebszustand: 31.03.2019, Asse-GmbH, Remlingen, 1 S.
- /11/ Asse (2019c): Schachtanlage Asse II / Speicherbergwerk, Geologischer Riss Schnitt 5, Betriebszustand: 31.03.2019, Asse-GmbH, Remlingen, 1 S.
- /12/ Asse (2019d): Schachtanlage Asse II / Speicherbergwerk, Geologischer Riss Schnitt 14, Betriebszustand: 31.03.2019, Asse-GmbH, Remlingen, 1 S.
- /13/ Asse (2019e): Schachtanlage Asse II / Speicherbergwerk, Geologischer Riss Schnitt 16, Betriebszustand: 31.03.2019, Asse-GmbH, Remlingen, 1 S.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 92 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- /14/ Asse (2019f): Schachtanlage Asse II / Speicherbergwerk, Geologischer Riss Schnitt 22, Betriebszustand: 31.03.2019, Asse-GmbH, Remlingen, 1 S.
- /15/ Asse (2019g): Schachtanlage Asse II / Speicherbergwerk, Geologischer Riss Schnitt 26, Betriebszustand: 31.03.2019, Asse-GmbH, Remlingen, 1 S.
- /16/ Asse (2016a): Risswerk. Stand: 31.03.2016, Asse-GmbH, Remlingen.
- /17/ Asse (2015a): Geologischer Standortbericht, Geologische Aufnahme des 2. westlichen Querschlags auf der 750-m-Sohle vom Blindschacht 1 bis zum Widerlager WL-750-2. Asse-GmbH, Remlingen, 06.11.2015, KZL: 9A/64221000/BSB/HA/BN/0016/00, 30 S.
- /18/ Asse (2015b): Strömungsbarrieren SB-750-1a und SB-750-1c, Bautechnischer Nachweis. DBE Technology GmbH, 05.05.2015, KZL: 9A/44214000/BSB/GH/LD/0006/00, 45 S.
- /19/ Asse (2015c): Geotechnische Standortbeschreibung und Auslegungsrechnung zur Festlegung der Nachschnitttiefe für die SB-750-1a. Institut für Gebirgsmechanik, 26.01.2015, KZL: 9A/44214000/BSB/GC/BW/0008/00, Leipzig, 31 S., 23 Anh.
- /20/ Asse (2014a): Standortspezifischer Qualitätssicherungs- und Prüfplan, Erstellung geotechnischer Bauwerke im 2. westlichen Querschlag auf der 750-m-Sohle (SB-750-1a; WB-750-1c; WL-750-3). Asse-GmbH, Remlingen, 24.11.2014, KZL: 9A/54214000/BSB/CD/FC/0008/00, 8 S.
- /21/ Asse (2014b). Schachtanlage Asse II, Sonderbetriebsplan Nr. 3/2014 „Herstellen von Erkundungsbohrungen auf der 574-m-Sohle in Richtung der Erkundungsbohrung Remlingen 15“, Zechenbuch-Nr. W 5010.1.25. Asse-GmbH, Remlingen, 10.03.2014, KZL: 9A/13223000/VS5/DB/LA/0001/00, 19 S., 7 Anl.
- /22/ Asse (2013a): Schachtanlage Asse II, Sonderbetriebsplan 9/2013 „Bohrung vom Typ B im Bereich der Einlagerungskammer 7/750 (Faktenerhebung)“. Asse-GmbH, Remlingen, Zechenbuch-Nr. W5010.1.22.3, 24.07.2013, KLZ: 9A/13223000/-/DB/EP/0121/00, 10 S., 6 Anl.
- /23/ Asse (2013b): Bohrlochradarmessung der Bohrung A1 bis 35 m auf der 750 m Sohle sowie Stoßkonturmessung westlich des Kontrollbereiches vom 29.01.2013. Asse-GmbH, Remlingen, 22.02.2013, KZL: 9A/55110000/GHB/R/0005/00, 20 S.
- /24/ Asse (2012): Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen Geologischer Standortbericht, Südwestlicher Abschnitt des 2. westlichen Querschlages, Nordwestliche Verlängerung der 2. südlichen Richtstrecke nach Westen auf der 750-m-Sohle, Bauwerke, SB-750-1a und SB-750-16, WL-750-3 und WL-750-4, WL-750-4a und WL-750-6. Asse-GmbH, Remlingen, 26.01.2012, KZL: 9A/64221000/BSB/HA/BN/005/00, 40 S.
- /25/ Asse (2011): Schachtanlage Asse II, Sonderbetriebsplan Nr. 8/2010 „Bohrungen im Bereich der Einlagerungskammer 7/750 (Faktenerhebung). Asse-GmbH, Remlingen, 02.02.2011, KZL: 9A/13223000/ZML/DB/EP/0003/01, 19 S., 8 Anh., 6 Anl.
- /26/ Asse (2010): Sonderbetriebsplan 8/2010 – Bohrungen im Bereich der Einlagerungskammer 7/750 (Faktenerhebung). Asse-GmbH, 08.12.2010, Remlingen, KZL: 9A/13223000/ZML/DB/EP/0003/00, 19 S., 8 Anh., 5 Anl.
- /27/ Asse (2009): Beschreibung der Lagerbereiche der Abfälle. Asse-GmbH, Remlingen, 27.03.2009, Remlingen, KZL 9A/13500000/BE/RA/0001/00
- /28/ Asse & DMT (2015): Ergebnisbericht – Bohrlochradarmessungen der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 auf der 750-m-Sohle im Hangenden des Pfeilers zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Einlagerungskammer 11/750 – Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar. Asse-GmbH mit DMT GmbH & Co. KG, Remlingen und Essen, 07.12.2015, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0090/00, 46 S.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 93 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- /29/ (1994): Hydrologisches Forschungsprojekt Asse – Abschlussbericht. GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Braunschweig.
- /30/ BfS (2016a): Ergebnisbericht zu geophysikalischen Bohrlochvermessungen in der Erkundungsbohrung B7/750-B1.2 auf der 750-m-Sohle zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Abbau 8/725. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 17.10.2016, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0039/00, 22 S., 4 Anh., 4 Anl.
- /31/ BfS (2016b): Ergebnisbericht Bohrlochradarmessungen der Erkundungsbohrung B 7/750-B1.2 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer 7/750 – Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 14.10.2016, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0075/00, B2604725, 27 S., 4 Anl.
- /32/ BfS (2016c): Ergebnisbericht zu geophysikalischen Bohrlochvermessungen in der Erkundungsbohrung B7/750-A1 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer (ELK) 7/750. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 30.09.2016, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0023/00, 25 S., 6 Anh, 3 Anl.
- /33/ BfS (2016d): Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 – Bericht zu den Planungsgrundlagen. Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, 15. Juli 2016, KLZ: 9A/23530000/GHB/RZ/0068/00, 90 S.
- /34/ BfS (2016e): Hauptbetriebsplan 2017/2019. Asse-GmbH, Remlingen, 01.02.2016, KZL: 9A/13222000/BPL/DB/LA/0010/00.
- /35/ BfS (2015a): Hauptbetriebsplan für die Schachanlage Asse II für den Geltungszeitraum 01.10.2015 bis 30.09.2017. Asse-GmbH, 21.05.2015, KZL:9A/13222000/DB/GB/0010/00, 303 S.
- /36/ BfS (2014a): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II – Schritt 1: Entwurfsplanung zum Anbohren der ELK 12/750 von der 700 m-Sohle. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 05.12.2014, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0035/00, 269 S.
- /37/ BfS (2014b): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II. Hier: Auswertung vorhandener Unterlagen zur Einlagerung der Abfallgebinde in den ELK. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 21.07.2014, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0009/01, 245 S.
- /38/ BfS (2014c): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II. Schritt 1: Anbohren der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750 Hier: Dokumentation der Ergebnisse aus der Erkundungsbohrung B7/750-A3. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 18.06.2014, KZL:9A/23400000/GHB/RZ/0020/00, 249 S.
- /39/ BfS (2014d): Datenbearbeitung, Interpretation und Modellierungen einer 3D-seismischen Testmessung im Bereich der Schachanlage Asse II, Abschlußbericht. DMT Petrologic GmbH, Essen, 04.06.2014, KZL:9A/22122000/HF/RB/0007/00, 134 S.
- /40/ BfS (2010a): Schachanlage Asse II, Faktenerhebung Schritt 1, Systembeschreibung Bohrtechnik. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 29.10.2010, KZL: 9A/13236000/DA/AC/0044/00, 22 S.
- /41/ BfS (2010b): Schachanlage Asse II, Faktenerhebung Schritt 1, Systembeschreibung Brand- und Explosionsschutz. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 20.10.2010, KZL: 9A/13236000/DA/AC/0047/00, 21 S.
- /42/ BGE (2019a): Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Salzlösungsmonitoring – Gebirgsbeobachtungen 2018. Präsentation, Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Remlingen 27.06.2019, 265 S.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 94 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- /43/ BGE (2019b): Schachtanlage Asse II. - Online, <https://www.bge.de/asse/>, Aufgerufen am 07.01.2019.
- /44/ BGE (2018a): Schachtanlage Asse II, Sonderbetriebsplan Nr. 6/2014 „Herstellen von Erkundungsbohrungen auf der 700-m-Sohle in Richtung der Erkundungsbohrung Remlingen 15“. hier: Mitteilung über die Nichtverfüllung der EBrG. 700-1, Zechenbuch-Nr. W5010.1.25. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Remlingen, 10.07.2018, KZL: 9A/13223000/GEH/DB/EE/0006/00, 2 S.
- /45/ BGE (2018b): Schachtanlage Asse II, Sonderbetriebsplan Nr. 6/2018 „Erprobung von Bohrtechniken und Arbeitsabläufen auf der 850-m-Sohle in Hinblick auf die geplante Erkundung der Einlagerungskammer 12/750 (Faktenerhebung, Kalterprobung)“, Zechenbuch-Nr. W 5010.1.22.3. Bundesgesellschaft für Endlagerungen mbH, Remlingen, 06.07.2018, KZL:9A/13223000/02FEK12/DB/EP/0001/00, 10 S., 4 Anl.
- /46/ BGE (2018c): Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen in der Schachtanlage Asse II – Standorterkundungen – Ergebnisse der Kamerabefahrungen und der geotechnischen Messungen in den Erkundungsbohrungen im Bereich des geplanten Bauwerkes SB-750-11. Institut für Gebirgsmechanik GmbH, 27.06.2018, KZL: 9A/44214000/BSB/GC/BW/0024/00, 26 S.
- /47/ BGE (2018d): Geotechnisches, geophysikalisches Monitoringprogramm und Salzlösungsmonitoring – Gebirgsbeobachtungen 2017. Präsentation, Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Remlingen, 28.06.2018, 289 S.
- /48/ BGE (2018e): Schachtanlage Asse II, Sonderbetriebsplan Nr. 9/2013 „Bohrungen vom Typ B im Bereich der Einlagerungskammer 7/750 (Faktenerhebung)“, hier: Mitteilung über die Durchführung einer Feststoffprobenahme aus der Einlagerungskammer 7/750. - Zechenbuch-Nr. W5010.1.22.3. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Remlingen, 25.05.2018, KZL: 9A/13223000/DB/EV/0140/00, 8 S.
- /49/ BGE (2018f): Geotechnisches, geophysikalisches Monitoring und Baustoffuntersuchungen – Jahresbericht 2017 der Standortüberwachung Asse. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Remlingen, 08.05.2018, KZL: 9A/64330000/GC/PF/0009/00, 452 S.
- /50/ BGE (2017a): Konvergenzmessungen in Grubenbauen der Schachtanlage Asse II. Asse-GmbH, Remlingen, 23.02.2017, KZL: 9A/64300000/GMÜ/GC/BT/0012/00, 88 S.
- /51/ BGE (2017b): Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 – Hier: 1. Teilbericht – Grobkonzepte. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Salzgitter, 28.07.2017, KZL: 9A/23530000/GHB/RZ/0092/00, 79 S.
- /52/ Asse (2013): Qualitätssicherung Abschätzung der hydraulischen Widerstände für die Strömungsbarrieren SB-750-1b und SB-750-17 auf Grundlage von Permeabilitätsmessungen. Institut für Gebirgsmechanik GmbH, 15.11.2013, KZL: 9A/54214000/BSB/CD/BW/0003/00, 19 S.
- /53/ BGR (2016): Georadar-Messungen in Strecken des Grubengebäudes der Schachtanlage Asse II in 2016, Zwischenbericht. Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 19.12.2016, KZL: 9A/56331100/HF/RB/0024/00, 70 S.
- /54/ Bo-Ra-tec (2019): Faktenerhebung Schritt 1 – Erkundungsbericht über geophysikalische Bohrlochmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-D2 im westlichen Pfeiler der Einlagerungskammer 7/750 auf der 750-m-Sohle. Bo-Ra-Tec GmbH, Weimar, 02.04.2019, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0113/00, 48 S.
- /55/ Colenco (2006): Hydrogeologische Modellvorstellungen, Baden, Schweiz, Stand: November 2006, Bericht 4956/07 Revision 3. Colenco Power Engineering AG.
- /56/ Dahm, T. (2015): Lecture Notes. Grundlagen der Geophysik. Potsdam, 332 S.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 95 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- /57/ DBE (2016): Schachtanlage Asse: Strömungsbarrieren SB-750-1a und SB-750-1c. Nachweis der Funktionsfähigkeit – Abschlussdokumentation. DBE Technology GmbH, Peine, 21.12.2016, KZL: 9A/AJ/HY/GH/FT/0014/00, 87 S.
- /58/ DGGT (2010): Geophysikalische Standortuntersuchung. Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, Juli 2010, 9 S.
- /59/ DMT (2019a): Faktenerhebung Schritt 1 – Ergebnisbericht zur seismischen Tomographie in den Erkundungsbohrungen B 7/750-B1.2, -B4 und -B5 in der Schwebe zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Abbau 8/725. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 19.02.2019, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0111/00, 25 S.
- /60/ DMT (2019b): Faktenerhebung Schritt 1 – Erkundungsbericht über geophysikalische Bohrlochmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B_A auf der 750-m-Sohle in die Einlagerungskammer 7/750. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 15.02.2019, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0107/00, 85 S.
- /61/ DMT (2019c): Faktenerhebung Schritt 1 – Erkundungsbericht über geophysikalische Bohrlochmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B5 auf der 750-m-Sohle in der Schwebe zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Abbau 8/725. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 15.02.2019, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0107/00, 85 S.
- /62/ DMT (2017a): Ergebnisbericht zu geophysikalischen Bohrlochmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 auf der 750-m-Sohle im Hangenden des Pfeilers zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Einlagerungskammer 11/750. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 26.10.2017, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0087/00, 33 S.
- /63/ DMT (2017b): Ergebnisbericht zu geophysikalischen Bohrlochmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B1 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer 7/750. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 07.03.2017, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0086/00, 57 S.
- /64/ DMT (2016a): Ergebnisbericht – Bohrlochmessung der Erkundungsbohrung B 7/750-B1 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer 7/750 – Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 23.11.2016, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0080/00, 53 S.
- /65/ DMT (2016b): Ergebnisbericht zu geophysikalischen Bohrlochmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B1.2 auf der 750-m-Sohle zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Abbau 8/725. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 17.10.2016, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0039/00, 46 S.
- /66/ DMT (2016c): Ergebnisbericht der Demonstrationsmessung Geophysikalische Erkundung der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer (ELK) 7/750 – Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 14.10.2016, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0029/00, 25 S.
- /67/ DMT (2016d): Ergebnisbericht Bohrlochradarmessungen der Erkundungsbohrung B 7/750-B1.2 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer 7/750 – Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 14.10.2016, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0075/00, 53 S.
- /68/ DMT (2016e): Ergebnisbericht zu geophysikalischen Bohrlochmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer (ELK) 7/750. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 30.09.2016, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0027/00, 50 S.
- /69/ DMT (2016f): Ergebnisbericht zu geophysikalischen Bohrlochmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A1 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer (ELK) 7/750. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 30.09.2016, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0023/00, 50 S.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 96 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- /70/ DMT (2015a): Ergebnisbericht – Bohrlochradarmessungen der Erkundungsbohrung B 7/750 B4 auf der 750 m-Sohle im Hangenden des Pfeilers zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Einlagerungskammer 11/750 – Richtungssensitives 3D-Bohrlochradar, Ergebnisbericht. DMT GmbH & Co KG, Essen, 07.12.2015, KZL: 9A/55110000/GEO/HF/BW/0012/00, 40 S., 4 Anl.
- /71/ DMT (2015b): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II, Schritt 2: Öffnen der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750 und Bewertung der Zustände von Kammer und Gebinden, Hier: Konzeptplanung 2. Teilbericht: Öffnungskonzept. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 30.01.2015, KZL: 9A/23400000/GHB/RA/0031/00, 159 S.
- /72/ DMT (2014a): Faktenerhebung Schritt 1 zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dem Salzbergwerk Asse, Hier: Ergebnisbericht zu geophysikalischen Bohrlochmessungen in der Bohrung B 1.2 auf der 750-m-Sohle zwischen ELK 7/750 und Abbau 8/725. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 29.07.2014, KZL: 9A/55110000/SON/HF/BW/0004/00, 38 S.
- /73/ DMT (2014b): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II, Schritt 1: Anbohren der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750 hier: Dokumentation der Ergebnisse aus der Erkundungsbohrung B 7/750-A3. DMT GmbH & Co KG, Essen, 18.06.2014, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0020/00, 251 S.
- /74/ DMT (2014c): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II, Schritt 1: Anbohren der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750 hier: Dokumentation der Ergebnisse aus der Erkundungsbohrung B 7/750-A1. DMT GmbH & Co KG, Essen, 28.05.2014, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0015/01, 282 S.
- /75/ DMT (2014d): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II, Schritt 1: Entwurfsplanung zum Anbohren der ELK 12/750 von der 700-m-Sohle. DMT GmbH & Co KG, Essen, 05.12.2014, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0035/00, 269 S.
- /76/ DMT (2010): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II Schritt 1: Untersuchungskonzept zum Anbohren der Einlagerungskammern 7/750 und 12/750. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 14.04.2010, KZL: 9A/23400000/GHB/RA/0001/00, 80 S.
- /77/ Fischer, A. (2011): Die Entwicklung der reflektorlosen Laser-Vermessungstechnik im Werk Werra. In: Kali und Steinsalz, H. 2, S. 30-39.
- /78/ GGU (2003): Der hochauflösende TEM-Metalldetektor. – Online, https://www.ggukarlsruhe.de/Messverfahren_Geophysik_zersto/GGU_Der_TEM-Metalldetektor_MD-94-C.pdf, Gesellschaft für Geophysikalische Untersuchungen mbH, Karlsruhe, 2 S, Aufgerufen am 14.12.2018.
- /79/ GIF (2004): Primärspannungsmessungen. Online, http://www.gif-ettlingen.de/pdf/deutsch/Kap._13.pdf, Geotechnisches Ingenieurbüro Prof. Fecker & Partner GmbH, Aufgerufen am 28.01.2019.
- /80/ GRS (2016): Bericht über die Bildung von Gasen und potenziell zündfähigen Gasgemischen in den Einlagerungskammern (ELK) 1, 2 und 12 auf der 750-m-Sohle während der Betriebsphase. GRS gGmbH, Braunschweig, 26.02.2016, KZL: 9A/45110000/F+E/DA/BW/0001/00, 56 S.
- /81/ GSF (1991): Untersuchungen zum Versatz und Verschluss von Kammern und Strecken in einem Endlager im Salz. GSF-Bericht 19/91.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 97 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- /82/ Gundelach, V., Blindow, N., Buschmann, U. & Salat, Ch. (2014): Underground GPR measurements for spatial investigations in the Gorleben salt dome. In: Z. dt. Ges. Geowiss., Vol. 165, Nr. 1, S. 39 – 48.
- /83/ Helmholtz (2008): Bau von äußeren Barrieren, Geotechnische Standortbeschreibung und Gebirgsmechanische Auslegungsrechnung für die Strömungsbarrieren SBS-800-1a, SBS-800-1b, SB-750-1a und SBS-750-14. Institut für Gebirgsmechanik, Leipzig, 21.07.2008, KZL:10/77725/BSB/GC/BW/0009/00, 119 S.
- /84/ IBeWa (2018a): Faktenerhebung Schritt 1 – Ergebnisbericht über Permeabilitätsmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-D1 auf der 750-m-Sohle im östlichen Pfeiler der Einlagerungskammer 7/750. IBeWa, Freiberg, 17.08.2018, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0103/00, 32 S.
- /85/ IBeWa (2018b): Faktenerhebung Schritt 1 – Ergebnisbericht über Permeabilitätsmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-D2 auf der 750-m-Sohle im westlichen Pfeiler der Einlagerungskammer 7/750. IBeWa, Freiberg, 17.08.2018, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0099/00, 47 S.
- /86/ IBeWa (2018c): Faktenerhebung Schritt 1 – Ergebnisbericht über Permeabilitätsmessungen in den Erkundungsbohrungen B 7/750-B5 und B 7/750-B_A auf der 750-m-Sohle in der Schwebe zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Abbau 8/725. IBeWa, Freiberg, 13.06.2018, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0093/00, 53 S.
- /87/ IBeWa (2017): Faktenerhebung Schritt 1 – Ergebnisbericht über Permeabilitätsmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B5 auf der 750-m-Sohle in der Schwebe zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Abbau 8/725. IBeWa, Freiberg, 29.03.2017, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0093/00, 38 S.
- /88/ IBeWa (2016): Faktenerhebung Schritt 1 – Ergebnisbericht über Permeabilitätsmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 auf der 750-m-Sohle im Hangenden des Pfeilers zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Einlagerungskammer 11/750. IBeWa, Freiberg, 23.06.2016, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0081/00, 27 S.
- /89/ IBeWa (2015): Faktenerhebung Schritt 1 – Erkundungsbericht über Permeabilitätsmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 auf der 750-m-Sohle im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und Einlagerungskammer 7/750. IBeWa, Freiberg, 20.11.2015, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0030/00, 31 S.
- /90/ IfG (2018a): Faktenerhebung Schritt 1 – Erkundungsbericht über Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B5 auf der 750-m-Sohle in der Schwebe zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Abbau 8/725. Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig, 04.09.2018, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0108/00, 33 S.
- /91/ IfG (2018b): Faktenerhebung Schritt 1 – Erkundungsbericht über Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-D1 auf der 750-m-Sohle im östlichen Pfeiler der Einlagerungskammer 7/750. Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig, 26.07.2018, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0104/00, 27 S.
- /92/ IfG (2018c): Umsetzung von Vorsorgemaßnahmen in der Schachthanlage Asse II – Standorterkundungen – Ergebnisse der Kamerabefahrungen und der geotechnischen Messungen in den Erkundungsbohrungen im Bereich des geplanten Bauwerkes SB-750-11. Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig, 27.06.2018, KZL: 9A/44214000/BSB/GC/BW/0024/00, 26 S.
- /93/ IfG (2018d): Faktenerhebung Schritt 1 – Erkundungsbericht über Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-D2 auf der 750-m-Sohle im westlichen Pfeiler der Einlagerungskammer 7/750. Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig, 22.03.2018, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0100/00, 31 S.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 98 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- /94/ IfG (2016): Faktenerhebung Schritt 1 – Erkundungsbericht über Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 auf der 750-m-Sohle im Hangenden des Pfeilers zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Einlagerungskammer 11/750. Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig, 18.01.2016, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0070/00, 25 S.
- /95/ IfG (2015a): Faktenerhebung Schritt 1 – Erkundungsbericht über Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B1 auf der 750-m-Sohle im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der Einlagerungskammer 7/750 sowie in der Schwebelagerung über Einlagerungskammer 7/750. Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig, 26.11.2015, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0069/00, 34 S.
- /96/ IfG (2015b): Faktenerhebung Schritt 1 – Ergebnisbericht über Minimalspannungssondierungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-A3 auf der 750-m-Sohle im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der Einlagerungskammer 7/750. Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig, 16.10.2015, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0031/00, 24 S.
- /97/ Ingram, C. A. & Marshall, J. A. (2015): Evaluation of a ToF camera for remote surveying of underground cavities excavated by jet boring. In: Automation Construction, Vol. 29, Saskatoon, Kingston (Kanada), S. 271 – 282.
- /98/ Ingram, C. A. & Marshall, J. A. (2013): 3D time-of-flight Camera for Surveying remote cavities mined with a jet boring system. In: ISARC, Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Vol. 30, IAARC Publications, Saskatoon, Kingston (Kanada), 11 S.
- /99/ IWO (2018): 3D-Laserscanning. Online, <https://www.iwo-vermessung.de/index.php/vermessung/3d-laserscanning>, IWO Vermessungstechnik GmbH, Aufgerufen am 29.11.2018.
- /100/ Just, A, Krause, Y., Tuch, A., Knieß, R., Jacobs, F., Schuck, A., Schmidt, V., Rost, F., Lindner, U., Schicht, T., Schwandt, E., Kurz, G., Igel, J., Schulz, R., Schulze, E. & Kuhncke, H. (2004): Abschlussbericht. Geophysikalische Erkundung als Beitrag zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern und Untertagedeponien. Forschungsvorhaben Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referenzen 02C0851; 02C0861, 02C0871, Leipzig, Juni 2004, 147 S.
- /101/ Kaiser, D. (2011): Mikroakustische Messungen in einem Salzbergwerk zur Bewertung von Rissprozessen. 71. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Köln, 23. Februar 2011, 39 – 52.
- /102/ Kaiser, D., Spies, T. & Schmitz, H. (2013): Mikroakustisches Monitoring in Bergwerken zur Bewertung aktueller Rissprozesse. Tagungsband Geomonitoring 2013, Hannover, 2013, 39 – 55.
- /103/ Kamlot, P., Stockmann, N. & Teichmann, L. (2006): Stability Proof of the Asse Salt Mine and Geomechanical Assessment of the Planned Closing Measures. SMRI Solution Mining Research Institute, Spring 2006 Conference 30 April – 3 May, Brussels, 199-223.
- /104/ Klarr, K. (1981): Grundlagen zur Geologie der Asse, Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF), Braunschweig, T117, 92 S.
- /105/ Knödel, K., Krummel, H. & Lange, G. (Hrsg.) (2005): Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien – Geophysik. 2. Aufl., Bd. 3, Springer Verlag, 1102 S.
- /106/ Kurz, G. & Yaramanci, U., (1999): Geoelektrische Erkundung und Überwachung im Salzgestein. In: Glückauf: Die Fachzeitschrift für Rohstoff, Bergbau und Energie, Vol. 135, 11.03.1999.
- /107/ K-UTEC (2018): Erkundungsbericht über Bohrlochradarmessungen in der Erkundungsbohrung B 7/750-B5 auf der 750-m-Sohle in der Schwebelagerung zwischen Einlagerungskammer

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 99 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

7/750 und Abbau 8/725. K-UTEC AG Salt Technologies, Sondershausen, 16.05.2018, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0105/00, 21 S.

- /108/ K-UTEC (2017): Faktenerhebung Schritt 1 – Erkundungsbericht über Bohrlochradarmessungen der Erkundungsbohrung B 7/750-B4 auf der 750-m-Sohle im Hangenden des Pfeilers zwischen Einlagerungskammer 7/750 und Einlagerungskammer 11/750. K-UTEC AG Salt Technologies, Sondershausen, 09.11.2017, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0085/00, 21 S.
- /109/ K-UTEC (2016): Ergebnisbericht Bohrlochradarmessung der Erkundungsbohrung B 7/750-B1.2 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer (ELK) 7/750. K-UTEC AG Salt Technologies, Sondershausen, 30.09.2016, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0040/00, 22 S.
- /110/ K-UTEC (2015): Ergebnisbericht – Bohrlochradarmessungen der Erkundungsbohrung B 7/750- B1 auf der 750-m-Sohle in Richtung Einlagerungskammer 7/750 – ungerichteter Bohrlochradar. K-UTEC AG Salt Technologies, Sondershausen, 22.10.2015, KZL: 9A/55110000/GHB/RZ/0076/00, 21 S.
- /111/ K-UTEC (2014): Bohrlochradarmessung Bohrung B-1.2, 750-m-Sohle – Zusammenfassender Bericht aller Einzelmessungen. K-UTEC AG Salt Technologies, Sondershausen 04.07.2014, KZL: 9A/55110000/GEO/HF/BW/0003/00, 24 S.
- /112/ Manthei, G. & Eisenblätter, J., (1993): Mikroakustische Messungen im Salzgestein. In: Kali und Steinsalz, Bd. 11, H. 3/4, April 1993, 94 – 101.
- /113/ McCann, T. & Manchego, M. V. (2015): Geologie im Gelände – Das Outdoor-Handbuch. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 376 S.
- /114/ Missal, C., Doring, I. & Stahlmann, J. (2014): Spannungs-Dehnungs-Verhalten von Steinsalz aus der flachen und steilen Lagerung. Geotechnik, 37, H. 3, 177 – 184.
- /115/ Raschick, A. (2005): Untersuchungen von Böden mit hochauflösendem Georadar und Geoelektrik im Modelltrog. Diplomarbeit, Technische Universität Berlin, Berlin, 74 S.
- /116/ Salzer, K, Philipp, J., Popp, T., Wiedemann, M., Schleinig, J.-P. & Tonn, F. (2017): In-situ-Messungen der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Bohrlochwellen zur Charakterisierung von Auflockerungszonen. In: Kali & Steinsalz, Nr. 01, S. 28 – 37.
- /117/ Schönfeld, E. (1986): Die Grundwasserbewegung im Deckgebirge und am Salzspiegel des Salzstocks Asse, Neuherberg
- /118/ Schütze, C., Just, A., Rucker, C., Serfling, U., Zollner, H., Matthes, K., Jacobs, F., Ehrmann, W., Schicht, T., Schwandt, A., Uchtmann, S., Ehret, B., Wonik, T., Ziekur, R., Schulze, E. & Kuhnicke, H. (2009): Abschlussbericht. Universelles integriertes geophysikalisches Mess- und Auswertearbeitsinstrumentarium zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar. Forschungsvorhaben Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referenzen 02C1305; 02C1315, 02C1325, Leipzig, April 2009, 210 S.
- /119/ SOCON (2018): Echometrische Hohlraumvermessung. Online, <https://www.socon.com/index.php/de/dienstleistungen/hohlraumvermessungen/13-hohlraumvermessungen>, Aufgerufen am 29.11.2018.
- /120/ SwissEnvironment (2017): Bohrlochscanner optisch (OPTV) und akustisch (BHTV). Online, http://www.swissenvironment.ch/se-ch/wp-content/uploads/SE_Prosp_OPTV_BHTV_DE.pdf, 12.01.2017, 2 S., Aufgerufen am 12.12.2018.
- /121/ TerraTec (2011): Enderbericht der Bohrlochgeophysik im Bergwerk Asse in den Bohrungen BRG-1, BRG-2 8-Sep-2010 bis 15-Okt-2010. terratec Geophysical Services, 22.02.2011, 20 S.

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 100 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- /122/ Wieczorek, K., Forster, B. & Rothfuchs, T. (2011): Entwicklung der Auflockerungszone um Endlagerhohlräume im Steinsalz und ihre Behandlung in Sicherheitsanalysen – Neuere Ergebnisse eines EU-Projekts. In: Glückauf, Jg. 147, Nr. 4/5, S. 188 – 193.
- /123/ Winter, U. & Lindner, U. (1983): Zum Stand und zur Entwicklung der Nahseismik im Kali- und Steinsalzbergbau der DDR. In: Z. geol. Wiss., Berlin, Jg. 11, Nr. 9, S. 1053 – 1066.
- /124/ Wittke, B. (1999): Permeabilität von Steinsalz – Theorie und Experiment. Hrsg. WBI Professor Dr.-Ing. W. Wittke Beratende Ingenieure für Grundbau und Felsbau mbH, Essen, Verlag Glückauf GmbH, 166 S.
- /125/ Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz), "Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 239 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist".
- /126/ BGE (2020): Plan zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II – Rückholplan. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Peine, Remlingen, Salzgitter, 19.02.2020, KZL: 9A/23500000/GHB/RZ/0110/00, 145 S.
- /127/ BfS (2011): Erkenntnisse des BfS zum Abfallinventar der Schachanlage Asse II – Stand: Juli 2011. Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, 15.07.2011, KZL: 9A/25100000/M/RE/0002/00, 89 S.
- /128/ Euratom, „Verordnung (Euratom) Nr. 302/2005 der Kommission vom 8. Februar 2005 über die Anwendung der Euratom-Sicherungsmaßnahmen,“ 28.02.2005.
- /129/ Europäische Atomgemeinschaft, „Konsolidierte Fassung des Vertrags zur Gründung der europäischen Atomgemeinschaft (2010/C 84/01)“.
- /130/ TÜV Süd (2011): Schachanlage Asse II – Bericht zur Überprüfung des Abfallinventars – 1. Einzelbeauftragung: Überprüfung der Kernbrennstoffdaten – Teil B. TÜV Süd Industrie Service GmbH, 30.04.2011, KZL: 9A/25100000/MAL/RA/0004/00, 100 S.
- /131/ BGE (2019): Strahlenschutzordnung der Schachanlage Asse II. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Remlingen, 13.05.2019, KZL: 9A/65210000/LRA/JD/0001/06.
- /132/ Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) „Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist“.
- /133/ Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) "Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. März 2020 (BGBl. I S. 748) geändert worden ist".
- /134/ BGE (2018): Jahresbericht 2016 über das radiologische Salzlösungsmonitoring im Rahmen des betrieblichen Strahlenschutzes der Schachanlage Asse II. Bundesgesellschaft für Endlagerung, Remlingen, 19.02.2018, KZL: 9A/65153000/LE/PF/0021/00.
- /135/ ESK (2018): Freigabe radioaktiver Stoffe und Herausgabe nicht radioaktiver Stoffe aus dem Abbau von Kernkraftwerken. RSK/ESK-Geschäftsstelle beim Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit, 16.07.2018.
- /136/ BfS (2017): Beprobung und Analyse von Salzlösungen und Grundwässern 2017 – Schachanlage Asse II. Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, 21.11.2017, KZL: 9A/65161000/LE/RB/0015/00.
- /137/ BfS (2016): Evaluierung der Faktenerhebung und der Vorgehensweise zur Rückholung, Bundesamt für Strahlenschutz. Salzgitter, 27.04.2016, KZL: 9A/23400000/GHB/RB/0048/00, 83 S.

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 101 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

- /138/ BGE (2017): Präsentation zur 52. Sitzung der Asse-2-Begleitgruppe am 3. November 2017 in Wolfenbüttel – Ergebnisse der Faktenerhebung, Bohrung B 7/750-Ba. 21 S.
- /139/ Asse (2016): Kurzbericht – Messtechnische Untersuchung am Gesenk 10 auf der 700-m-Sohle. Asse-GmbH, Remlingen, 30.03.2016 KZL: 9A/55110000/01STS/LE/BW/0003/00, 39 S.
- /140/ BfS (2013): Untersuchungs-, Probenahme- und Messkampagne für die Erkundung des Gesenks 700/750 zwischen dem Kaliabbau 12 Ost und der Einlagerungskammer 1/750 der Schachanlage Asse II. DMT GmbH & Co. KG mit GRS mbH, Essen, 06.02.2013, KZL: 9A/65140000/LAD/RB/0003/00, 101 S.
- /141/ BfS (2014): Messung der zeitlichen Entwicklung von Thoron und Radon im Gesenk 700/750 auf der 700-m-Sohle der Schachanlage Asse II. Asse-GmbH, Remlingen, 19.02.2014, KZL: 9A/65140000/LAD/RB/0004/00, 57 S.
- /142/ BfS (2015): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II – Schritt 1: Anbohren der Einlagerungskammer 7/750 und 12/750 – Hier Untersuchungskonzept auf potentiell freisetzbare Stoffe aus den ELK 7/750 und 12/750. DMT GmbH & Co. KG, Essen, 05.06.2015, KZL: 9A/23400000/GHB/RZ/0048/00, 34 S.
- /143/ DMT (2014): Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II – Schritt 1 – Untersuchungskonzept am Gesenk 10. DMT GmbH & Co KG, Essen, 16.05.2014, KZL: 9A//23400000/GHB/RZ/0021/00, 18 S.
- /144/ SSK (2002): Leitfaden zur Messung von Radon und Thoron und ihren Zerfallsprodukten – Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission Band 47, 162 S.
- /145/ Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung vom 27. Juni 2017

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 102 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	

Glossar

Begriff	Definition
Abfall, radioaktiver	Radioaktive Stoffe im Sinne des § 2 Abs. 1 und 2 AtG, die nach § 9a Abs. 1 Nr. 2 AtG geordnet beseitigt werden müssen.
Abbau	Ein planmäßig, bergmännisch hergestellter Hohlraum, in dem keine radioaktiven Abfälle endgelagert sind.
Auffahren	Herstellen einer söhligen oder geneigten Strecke oder eines anderen Grubenbaues.
Barrieren, geologische	Geologische Gegebenheit oder technische Maßnahme zur Be- oder Verhinderung der Freisetzung von Schadstoffen aus Abfällen in die Biosphäre.
Barriere, radiologische	Teil des salinaren Gebirges zwischen den neuaufgefahrenen Gruben Hohlräumen und der Einlagerungskammer, welcher eine Freisetzung radioaktiver Stoffe aus der ELK in den angrenzenden Strahlungsschutzbereich über die bekannte Freisetzung radioaktiver Stoffe hinaus noch sicher verhindert.
Baufeld	Ein durch natürliche oder künstliche Begrenzung geschaffener Bereich, in dem Abbau betrieben wird oder betrieben wurde.
Bewetterung	Planmäßige Versorgung der Grubenbaue mit frischer Luft.
Blindschacht	Schacht, der nicht in Verbindung mit der Oberfläche steht.
Deckgebirge	Gesamtheit der anstehenden Schichten im Hangenden der Salzstruktur Asse bis zur Tagesoberfläche.
Einlagerungskammer	Planmäßig bergmännisch hergestellter Hohlraum in dem radioaktive Abfälle eingelagert sind.
Firste	Obere Begrenzung eines Grubenbaues.
Freigrenze	Werte der Aktivität und der spez. Aktivität radioaktiver Stoffe, die in einer Rechtsverordnung nach § 24 Satz 1 Nummer 10 /145/ festgelegt sind und für Tätigkeiten im Zusammenhang mit diesen radioaktiven Stoffen als Maßstab für die Überwachungsbedürftigkeit nach den StrlSchG /145/ und den auf seiner Grundlage erlassenen Rechtsverordnungen dienen.
Gebinde	Einheit aus eingelagerten Stoffen mit Fixierungsmittel und Behälter. Oberbegriff für VBA und nVBA.
Gebirgsmechanik	Lehre vom mechanischen Verhalten des Gebirges auf anthropogene Einwirkungen (Bergbau und Hohlraumprobleme).
Grubenbau	Planmäßig bergmännisch hergestellte Hohlräume unter Tage (z. B. Strecken, Schächte, Kavernen, Abbaue).
Grubengebäude	Gesamtheit aller hergestellten.
Haufwerk	Aus dem Gebirgsverband herausgelöstes Gestein.

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 103 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Begriff	Definition
Konvergenz	Natürlicher Prozess der Volumenreduzierung von untertägigen Hohlräumen infolge einer Verformung bzw. Auflockerung aufgrund des Gebirgsdruckes.
Lithologie	Gesteinskunde; Lehre von Gesteinen, Felsarten oder Gebirgsarten.
Lösungsaustritt	Austritt wässriger Salzlösung in das Grubengebäude.
Permeabilität	Durchlässigkeit eines Gesteines für Flüssigkeiten und Gase, abhängig von der Querschnittsgröße und -form der einzelnen Fließkanäle, deren räumlichem Verlauf und ihrer gegenseitigen Verknüpfung.
Schacht	Hohlraum von der Oberfläche bis zu den Sohlen eines Bergwerkes; dient zur Beförderung von Personen, Materialien oder zur Belüftung.
Schwebe	Horizontale Gebirgsschicht, die zwei übereinander angeordnete Grubenbaue voneinander abgrenzt.
Seiger	Ist der bergmännisch-geologische Ausdruck für senkrecht, lotrecht oder vertikal.
Sohle	Gesamtheit der annähernd in einem Höhenniveau aufgefahrenen Grubenbaue; auch untere Grenzfläche eines Grubenbaues.
Söhlig	Ist der bergmännisch-geologische Ausdruck für waagrecht oder horizontal.
Stilllegung	Begriff für die Gesamtheit der Maßnahmen zur Stilllegung der Schachtanlage Asse II.
Störung	Bruchhafte Verwerfung, entlang der Gesteinsblöcke versetzt werden.
Stoß	Seitliche Begrenzung eines Grubenbaues (z. B. Strecken-Stoß, Schacht-Stoß); auch jede Angriffsfläche für die Gewinnung (Abbau-Stoß).
Strecke	Tunnelartiger Grubenbau, der nahezu söhlig aufgefahren ist.
Verfüllen	Einbringen von meist flüssigen Materialien in Grubenbaue zur Reduzierung der Hohlraumvolumina.
Versetzen	Einbringen von festen Materialien in Grubenbaue zur Reduzierung der Hohlraumvolumina.
Wendelstrecke, Wendel	Im Grubengebäude angelegte Fahrstrecke, welche die verschiedenen Sohlen miteinander verbindet.
Wetter	Bergmännischer Begriff für Luft im Bergwerk.
Wetterführung	Planmäßige Lenkung der Wetter durch das Grubengebäude.
Zutrittslösung	Lösungen, die im Grubengebäude austreten und die aufgrund ihrer geodätischen Lage und ihrer Position im Grubengebäude als die dem Speichervolumen oder Zutrittssystem am nächsten gelegene Zutrittsstelle identifiziert werden konnten.

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Seite: 104 von 117
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Anhang

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 106 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Anhang 2: Informationen zu den detaillierten Ergebnissen der Bohrungsuntersuchungen aus der Faktenerhebung an der ELK 7/750 entsprechend der Mess- und Erläuterungsberichte aus den angegebenen Quellen

Bohrung/Quelle	Ansatzpunkt und Ausführung	Ergebnisse
A1 (B 7/750-A1) /38;/ /137;/ /22;/ /69;/ /74;/ /23/	<p>Ansatzpunkt: auf der 750-m-Sohle im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der ELK 7/750</p> <p>Ausführung: parallel zur Verschlussbauwerksachse (im Zugang 27), Länge 35 m, Neigung 6,1° (Auslenkung von horizontal)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Durchstoß der Bohrung in ELK 7/750 nicht erfolgreich (vermutlich verändertes Kammergewölbe gegenüber Plan) • 3,80 m Abstand zwischen Bohrlochtieftstem und Oberkante der ELK 7/750, schwache Reflexion der Stoßkontur bei 44 m der Profillänge bei Stoßkonturmessung für ELK 7/750 • keine Hinweise auf größere Hohlräume in unmittelbarer Umgebung der Bohrung, allerdings Abschaltungen in Firste der ELK • keine metallischen Gegenstände im Nah- und Fernbereich der Bohrung • Aufbau des Verschlussbauwerks entspricht Planskizze, daran anstehendes Steinsalz weist keine Risse, Klüfte oder Auflockerungen auf • ELK 7/750: <ul style="list-style-type: none"> ○ Firste zeigt ab dem angenommenen Zugang bis 25 m in südlicher Richtung einen fallenden Verlauf und danach Anstieg auf 2,7 m Abstand zur Bohrung bei 29 m und 3,8 m im Bohrlochtieftstem (Anstieg um 0,5 m über die letzten Meter evtl. durch Abschaltungen, Hochlage bei 32,5 m Bohrlochtiefe) ○ vermutlich Riss in der Firste zwischen 25 m und 26 m ○ Risse, Klüfte und Abschaltungen zwischen Profilmeter 25 und 26 sowie 28 und 30 über Oberkante der Firste → Sicherung bei Öffnung der ELK notwendig ○ kein Hinweis auf Wasser- oder Laugenfläche ○ Füllung der ELK mit Einzelobjekten (gestufte Art)
A3 (B 7/750-A3)	Ansatzpunkt:	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Brüche, Risse, Klüfte, Auflockerungszonen, Abschaltungen im Bohrloch zu erkennen • ab 21,6 m Teufe Veränderung Magnetfeld (Metall) in Umkreis von 0,4 m zum Bohrloch (vermutlich VBA)

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 107 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Bohrung/Quelle	Ansatzpunkt und Ausführung	Ergebnisse
/38;/ /137;/ /68;/ /66;/ /89;/ /96;/ /73/	auf der 750-m-Sohle im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der ELK 7/750 Ausführung: Winkel zur Verschlussbauwerksachse 12°n. W., Länge 23,2 m, Neigung -3,6°	<ul style="list-style-type: none"> kein Hinweis auf Wasser- oder Laugenfläche; keine größeren Hohlräume in unmittelbarer Umgebung der Bohrung Verschlussbauwerk und Stoß der ELK 7/750 sowie weitere reflektierende Elemente innerhalb der ELK als Reflektoren erkannt → Richtungszuordnung der Reflexionen notwendig; Erkundung des ELK-Inneren nicht möglich lokale Scherbänder (durch Radaruntersuchungen) im unmittelbaren nördlichen Konturbereich der ELK <p>Messung der minimalen Spannung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pfeilerkernbereich: 7 – 8 MPa, Randbereich: 2,8 – 4,5 MPa (gute Übereinstimmung mit 3D-Modell) hohe Stützwirkung der Verschlussbauwerke nachgewiesen durch hohe min. Druckeinspannung an Schichtgrenze Carnallit/Steinsalz von 8 MPa (im Carnallit 7 MPa, im Steinsalz (Na3) 2,8 – 5,5 MPa) bei aktuell geringster Permeabilität von $6,0 \cdot 10^{-21} \text{ m}^2$ gebirgsmechanische Schädigungen bzw. Auflockerungen über südl. Richtstrecke n. E., Reflektoren bis in Firstteufe von 2 m nachgewiesen (Verifikation notwendig) relativ große Spannungsdifferenzen (> 10 MPa) in nördlicher Firstkante sowie südlichen Kammer-vorfeld der ELK 7/750 Reflektoren aus Radarvermessung der Bohrung bis in Firstteufe von 2 m repräsentieren Schichtablösungen (Verifizierung notwendig, weitere Ausbreitung der Ablösung vermutet) Verschlüsse der ELK 7/750 weisen sehr guten Kraft- und Formschluss des Betons auf querschlägige Pfeilerstauchungen sind an der unteren Baufeldgrenze im Vergleich zu den höher liegenden Sohlen der Südflanke gering geringfügige gebirgsmechanische Schädigungen bzw. Auflockerungen über der südl. Richtstrecke n. E. interpretiert <p>Messung der Gaspermeabilität:</p>

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 108 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Bohrung/Quelle	Ansatzpunkt und Ausführung	Ergebnisse
		<ul style="list-style-type: none"> • Pfeilerkernbereich: 10^{-20} – 10^{-21} m² • Carnallit im Teufenbereich 4,80 – 5,19 m: $2,0 \times 10^{-16}$ m² • Übergangsbereich Carnallit zu Steinsalz im Teufenbereich 7,00 – 7,39 m: $6,0 \times 10^{-21}$ m² • Teufenbereich 23,0 – 23,2 m (ET): $1,1 \times 10^{-12}$ m² (deutlich erhöht) • hohe Durchlässigkeit im ELK-Versatz
B1 (B 7/750-B1) /64;/ /63;/ /95;/ /94;/ /110/	<p>Ansatzpunkt:</p> <p>Teil des vertikalen und horizontalen Bohrfächers; auf der 750-m-Sohle im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der ELK 7/750 sowie in der Schwebe über ELK 7/750</p> <p>Ausführung:</p> <p>Länge 58,00 m, Azimuth 168°, Neigung 60°</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kluftsystem im Teufenbereich 34,42 – 39,02 m (Reflektor C weist auf Klüfte im unmittelbaren Bereich der Bohrung hin, jedoch nicht offen angetroffen) • im Nahbereich (0,2 – 0,5 m Umgebung) der Bohrung keine metallischen Einlagerungsgebilde • Entfernungsmäßig abweichende Ortung des Verschlussbauwerkes • Identifikation von Kreuzstrukturen (Trennflächen- bzw. Auflockerungszone = gebirgsmechanisch beanspruchter Zustand) der Schwebe zw. ELK 7/750 und Abbau 8/725 • Reflektoren im Abbau 7/725 und Firste des Verschlussbauwerkes (nördlich der ELK 7/750) erkannt <p>ELK:</p> <ul style="list-style-type: none"> • metallische Körper innerhalb der ELK 7/750 erkennbar • im östlichen Bereich der ELK 7/750 Scherbänder und klaffende Risse erkennbar • über nördlicher Abbaukante der ELK 7/750 (v. a. südlich der Risszone bis ET) = ungeschädigtes Steinsalz • mittlerer und südlicher Firstbereich der ELK 7/750 mit intaktem südlichem Barrierebereich abgesehen von der unmittelbaren südlichen Abbaukontur (gestützt von Ergebnissen der Permeabilitätsmessungen) <p>Messung der minimalen Spannung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schichtgrenze zw. Carnallit und Steinsalz nur gering eingespannt mit geringer Migration des Prüffluids über Mikrorisse

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 109 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Bohrung/Quelle	Ansatzpunkt und Ausführung	Ergebnisse
		<ul style="list-style-type: none"> Einspannung von 4,5 MPa und unerwartet hoher Permeabilität von $2,4 \times 10^{-15} \text{ m}^2$ im Hangendbereich über der südl. Richtstrecke n. E. (vermutlich durch Konturentfestigung der Zugangsstrecke von ELK 7/750 zu Abbau 5/750) Nördlicher und zentraler Schwebenbereich (Bohrungsteufe von 30 bis 38,5 m) von Scherbändern und klaffenden Rissen durchzogen (inkl. höchster Permeabilitätswert) → gebräucher Schwebenkern <p>Messung der Gaspermeabilität:</p> <ul style="list-style-type: none"> höchster Wert von $3,1 \times 10^{-15} \text{ m}^2$ in Teufe von 35 m → vermutlich gebrochener Kernbereich im Süden Anstieg der minimalen Druckeinspannung und Permeabilität bis $1 \times 10^{-22} \text{ m}^2$
B2 (B 7/750-B2)	<p>Ansatzpunkt:</p> <p>Teil des horizontalen Bohrfächers, auf der 750-m-Sohle im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der ELK 7/750 sowie in der Schwebe über ELK 7/750, östlich der Bohrung B1</p>	noch kein Ergebnisbericht vorliegend
B3 (B 7/750-B3)	<p>Ansatzpunkt:</p> <p>Teil des horizontalen Bohrfächers, auf der 750-m-Sohle im</p>	noch kein Ergebnisbericht vorliegend

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 110 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Bohrung/Quelle	Ansatzpunkt und Ausführung	Ergebnisse
	Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der ELK 7/750 sowie in der Schwebe über ELK 7/750, westlich der Bohrung B1	
B4 (B 7/750-B4) /28;/ /62;/ /88;/ /94;/ /108/	<p>Ansatzpunkt: Teil des horizontalen Bohrfächers; auf der 750-m-Sohle im Hangenden des Pfeilers zwischen ELK 7/750 und ELK 11/750</p> <p>Ausführung: Länge 43,00 m, Azimut 185°48', Neigung 8°20'</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Auf gesamter Bohrlänge 32 Trennflächen (mind. 4 davon lithologisch, Zuordnung zu Klüften nicht eindeutig) • Schichtgrenze Steinsalz/Carnallit bei 39,52 m • kein Hinweis auf magnetisch wirksame Einlagerungsgebilde im Nahbereich, lediglich in großer Entfernung • erkennbare Reflexionen: (a) Firste und Sohle umliegender Baue, (b) Strecken zwischen ELK 7/750 und ELK 11/750 und liegenden Strecke südl. Richtstrecke n. E., (c) seitliche Reflexion des Verschlussbauwerkes und anschließender Firste der ELK 7/750 • notwendige Korrekturen: (1) größerer Abstand des Stoßes der ELK 11/750 (kontinuierlich erkennbar) von Bohrung als vermutet, (2) Verbindungsstrecke zw. ELK 7/750 und ELK 11/750 detektiert und korrigiert (3) Lage Verschlussbauwerk • geschlossene Trennflächen im Gefüge im unmittelbaren Bereich der Bohrung als Reflektor • zahlreiche Reflektoren im Pfeiler zwischen ELK 7/750 und ELK 11/750 (geol. Strukturen/Trennflächen/Klüfte) • rechts der Bohrung entweder Auflockerungsbereich in der Schwebe oder Detailinfos aus Innerem der ELK (ähnliche Ergebnisse in den Bohrungen B1.2 und B1) • Klufstruktur (4 Klüfte) bis in Abstand 5,0 m zur Bohrung verfolgbar • Einsatz einer zusätzlichen spektralen Gamma-Ray Sonde wird zusätzlich empfohlen, v. a. im Falle einer verklebten Bohrlochwand

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 111 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Bohrung/Quelle	Ansatzpunkt und Ausführung	Ergebnisse
		<p>Messung der Gaspermeabilität:</p> <ul style="list-style-type: none"> Getestete Bohrungsabschnitte v. a. Leine-Steinsalz und Staßfurt-Carnallit im Bereich des östlichen Pfeilers zwischen ELK 7/750 und ELK 11/750: 10^{-20} - $4,1 \times 10^{-18}$ m² mit steigendem Konturabstand geringere Permeabilitäten von $> 10^{-18}$ - $< 2,0 \times 10^{-19}$ m² keine relevanten Permeabilitätserhöhungen im Bereich der Durchhiebe <p>Messung der minimalen Spannung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Im oberen Bereich (B 7/750-B1 mit $\sigma_{\min} = 1$ MPa, geringe Undichtheit und B 7/750-B4 mit $\sigma_{\min} = 2,9$ MPa, geringe Undichtheit) über dem Verschlussbauwerk in dem Zugang vom Abbau 5/750 Na2 zur ELK 7/750 Entspannung und erhöhte Durchlässigkeit der Schichtgrenze vs. unterem Bereich (B 7/750-A3 sondierte relativ hohe minimale Druckeinspannung von 8 MPa und niedrige Permeabilität von 6×10^{-21} m² an der Schichtgrenze Carnallit/Steinsalz) Ermittelte Werte plausibel mit den Ergebnissen der Bohrungen A3 und B1
B5 (B 7/750-B5) /87;/ /90;/ /107;/ /61;/ /86/	<p>Ansatzpunkt:</p> <p>Teil des horizontalen Bohrfächers; auf der 750-m-Sohle in der Schwebelinie zwischen ELK 7/750 und Abbau 8/725</p> <p>Ausführung:</p> <p>Länge 85,50 m, Azimut 212', Neigung 45</p>	<ul style="list-style-type: none"> Verschlussbauwerk, die Firste der ELK 7/750, die Sohle der Abbaukammer 8/725 im Hangenden, sowie Reflexionen aus dem Gebirge und Verbindungsstrecken zwischen ELK 7/750 und 6/750 im Bereich der ELK 7/750 konnten detektiert werden Verifizierung Lage der südl. Richtstrecke möglich geschlossene Trennflächen im unmittelbaren Bereich der Bohrung erkannt (Trennflächen oder Klüfte) <p>Messung der Gaspermeabilität und minimalen Spannung:</p>

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 112 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Bohrung/Quelle	Ansatzpunkt und Ausführung	Ergebnisse			
		Bohrlochteufe (m) ab Stand- rohrende	Minimale Druckeinspannung	Effektive Gas- permeabilität (m ²)	Bemerkungen zur Lokation
		30,5		$8,8 \cdot 10^{-14}$	3. injizierter Riss (erst ab dieser Bohrlochteufe steht kein Injektionsmörtel mehr an)
		33,5		$9,2 \cdot 10^{-14}$	Nördliche Abbaukante der ELK 7/750
		46,5		$7,7 \cdot 10^{-14}$	Schwebenbereich unmittelbar nördlich der Zerrüttungszone
		50,5		$3,5 \cdot 10^{-14}$	Entfestigte Zerrüttungszone
		70,0		$<1 \cdot 10^{-22}$	Südwestlicher Schwebenbereich (Hinweise auf Umströmung der Packer)
		72,0		$<1 \cdot 10^{-22}$	Südwestlicher Schwebenbereich (Hinweise auf Umströmung der Packer)
		78,2	10,3 MPa		Südwestlicher Schwebenbereich
		80,0		$2,0 \cdot 10^{-22}$	Westliche Abbaukante
		80,2	9,0 MPa		Westliche Abbaukante
		82,0 bis Bohrlochtiefstes bei 85,5 m	7,8 MPa bei 82,2 m und 10,0 MPa bei 84,7 m	$4,0 \cdot 10^{-22}$	Hangendes über den beiden Querschlägen zwischen ELK 7/750 und ELK 6/750

Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle – Arbeitspaket 11b: Erkundungsprogramm



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 113 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Bohrung/Quelle	Ansatzpunkt und Ausführung	Ergebnisse
		<ul style="list-style-type: none"> • getestete Bohrungsabschnitte v. a. im Leine-Steinsalz im Bereich der Schweben zwischen ELK 7/750 und Abbau 8/725 mit effektiven Gaspermeabilitäten zwischen $< 10^{-22}$ – $9,2 \times 10^{-14} \text{ m}^2$ • auffällige Bereiche: a) hohe Permeabilitäten ($3,4 - 9,2 \times 10^{-14} \text{ m}^2$) direkt im vermutlich entfestigten bzw. gebrochenem Schwebenbereich sowie im nordöstlichen an den vermuteten Kammerdom anschließenden Schwebenbereich (zwischen 30,5 und 50,6 m Teufe) und b) geringe Permeabilitäten $< 1 - 4 \times 10^{-22} \text{ m}^2$ im südwestlichen an vermuteten Kammerdom anschließenden Schwebenbereich als auch im Hangenden über den beiden Querschlägen zwischen ELK 7/750 und ELK 6/750 in 70 m Teufe bis ET (Korrelation mit Kamerabefahrung) • Zunahme der Gaspermeabilität mit der Einbauteufe (Ausnahme Messpunkt B 7/750-BA-3019-G1) → Korrelation mit Zunahme der Auflockerung der Schweben im Bereich der ELK 7/750 ungeklärt • <u>Nördliche Abbaukante der ELK 7/750 und Schweben bis zur Zerrüttungszone:</u> relativ hohe Permeabilitäten bei Teufen von 33,5 m und 46,5 m → vermutlich Schwebenbereich über dem Hochbruch (Zerrüttungszone) und zusammenhängender Entfestigungsbereich im Hangenden über der südl. Richtstrecke n. E. (helleres Gefüge an der Bohrlochwand ca. 35 m der Kamerabefahrung sowie helle Strukturen als Hinweis auf Scherbeanspruchungen) • <u>Zerrüttungszone über dem Hochbruch:</u> intensiv zerrütteter Bohrlochabschnitt zwischen 50,5 und ca. 57 m über bekanntem Hochbruch → weitere Bruchprozesse in der Schweben über dem mit Fässern gestützten Hochbruch seit der Einlagerung der Abfälle • <u>Westliche Abbaukante und Hangendes über den beiden Querschlägen zwischen der ELK 7/750 und der ELK 6/750:</u> relativ hohe minimale Druckeinspannungen und niedrige Permeabilität → intaktes und dichtes Steinsalzgebirge (ebenfalls im Pfeiler der ELK 7/750 zur ELK 11/750 in Erkundungsbohrung B 7 /750-B4) • Hangendes über den beiden Querschlägen zur ELK 6/750 keine geringere Druckeinspannung und keine erhöhte Permeabilität

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 114 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Bohrung/Quelle	Ansatzpunkt und Ausführung	Ergebnisse
B _A (B 7/750-B _A) /60/; /86/	<p>Ansatzpunkt: Gleicher Ansatzpunkt wie Bohrung B5, abgelenkt</p> <p>Ausführung: ortsgenaues Anbohren der ELK 7/750 zur optischen Erkundung des Kammerinneren und Analyse der Atmosphäre, Länge 41,30 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Durchstoß zur ELK 7/750 bei 41,30 m Teufe • Optische Erkundung zeigt armierte zylindrische Betonbehälter (VBA) von radioaktiven Fässern direkt hinter Durchstoßpunkt • VBA sind teilweise markiert, stehend/liegend, unsortiert, potentiell teilweise beschädigt; weitere Einlagerungsgegenstände erkennbar • Geometrie der ELK 7/750 konnte teilweise in begrenzten Teilbereichen mit 3D-Laserscan ermittelt werden → teilweise Flächen- und Volumenermittlung sowie Abstände und Strukturen
B1.1 (B 7/750-B1.1)	<p>Ansatzpunkt: Teil des vertikalen Bohrfählers; auf der 750-m-Sohle im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der ELK 7/750</p> <p>Ausführung: Zwischen B1 und B1.2</p>	noch kein Ergebnisbericht vorliegend

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 115 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Bohrung/Quelle	Ansatzpunkt und Ausführung	Ergebnisse
<p>B1.2 (B 7/750-B1.2)</p> <p>/38;/ /137;/ /65;/ /72;/ /67;/ /109;/ /111/</p>	<p>Ansatzpunkt:</p> <p>Teil des vertikalen Bohrfächers; auf der 750-m-Sohle im Pfeiler zwischen Abbau 5/750 Na2 und der ELK 7/750</p> <p>Ausführung:</p> <p>Länge 58 m, Neigung 12,2°</p>	<ul style="list-style-type: none"> Bohrung trocken Kluftsystm im Teufenbereich von 30,1 bis 31,76 m in der Bohrung nachgewiesen (Verbindung zu ELK 7/750 oder ELK 8/725 → zu prüfen) keine metallischen Gegenstände im Nah- und Fernbereich der Bohrung Radarmessungen zeigen bei 29 m Beginn sichtbarer Schädigungen in der Schwebel Sohle des Abbau 8/725 detektiert = gewölbt Stoß der ELK 11/750 über gesamte Länge eindeutig ortbar, Verschlussbauwerk von Einhausung bis ELK 7/750 detektiert Reflektoren im Abbau 7/725 und Firste des Verschlussbauwerkes sowie Firste der ELK 7/750 erkannt Rechts von der Erkundungsbohrung B 7/750-B1.2 zeigt sich in den Messdaten ein größerer Bereich mit zahlreichen Diffraktionen, welche durch kleinräumige Strukturen verursacht werden. <p>ELK:</p> <ul style="list-style-type: none"> Firste der ELK 7/750 leicht gewölbt im Bereich 5 m Entfernung zur Bohrung deutliche Beanspruchung der Schwebel keine Strukturen aus dem Inneren der ELK eindeutig detektierbar
<p>D1 (B 7/750-D1)</p> <p>/91;/ /84/</p>	<p>Ansatzpunkt:</p> <p>Aus dem Abbau 5/750 Na2 in den Pfeiler östlich der ELK 7/750 zur ELK 11/750</p> <p>Ausführung:</p>	<ul style="list-style-type: none"> feuchtes Bohrloch <p>Messung der Gaspermeabilität und minimalen Spannung:</p>

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 116 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Bohrung/Quelle	Ansatzpunkt und Ausführung	Ergebnisse			
		Bohrlochteufe (m) ab Stan- drohende	Minimale Druckeinspannung (MPa)	Effektive Gas- permeabilität (m ²)	Bemerkungen zur Lokation
	leicht einfallend (Neigung 8°) in südliche Richtung durch die Schichtgrenze Carnalli- tit/Steinsalz und durch das Hangende der südl. Richtstre- cke n. E., Länge 46,04 m	6,5	9,1	4·10 ⁻¹⁷	Lt. geologischem Risswerk Schicht- grenze K2/Na3 in der Entlastungszone benachbarter Strecken
14,0		9,4	3·10 ⁻¹⁷	Hangendes über der südlichen Richtstrecke nach Osten	
22,5		Kein Versuch	5·10 ⁻¹⁵	Bei Permeabilitätsmessung relativ hohe Durchlässigkeit, keine Span- nungssondierung	
25,3		5,8	1·10 ⁻¹⁸	Nicht durchbauter Pfeiler zwischen ELK 7/750 und ELK 11/750	
30,0		2,4	4·10 ⁻²⁰	Nicht durchbauter Pfeiler zwischen ELK 7/750 und ELK 11/750	
34,3		8,1	2·10 ⁻¹⁸	Pfeilerabschnitt zwischen ELK 7/750 und ELK 11/750 zwischen zwei Quer- schlägen	
42,0		11,4	8·10 ⁻²³	Spannungssondierung am konkreten Messort und Permeabilitätsmessung in einem Bohrlochintervall zwischen 42,0 und 46,0 m (Bohrlochtiefstes)	
		<ul style="list-style-type: none"> von 25,3 bis 42,0 m entspricht primär dichtem Gebirge, jedoch (1) geringe Minimalspannung und Permeabilität bei 30,0 m lässt vermuten, dass oberer Querschlag zwischen ELK 7/750 und ELK 11/750 näher am Messort liegt als zeichnerisch angegeben und (2) sehr hohe Permeabilität bei 22,5 m vermutlich durch Entfestigungserscheinungen 			

**Konzeptplanung für die Rückholung der
radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle
– Arbeitspaket 11b:
Erkundungsprogramm**



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: 117 von 117
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23510000				GHB	RZ	0122	00	Stand: 11.12.2020

Bohrung/Quelle	Ansatzpunkt und Ausführung	Ergebnisse
		<ul style="list-style-type: none"> • getestete Bohrungsabschnitte zeigen geringe Gaspermeabilitäten (maximal im nicht durchbauten Pfeiler zwischen ELK 7/750 und ELK 11/750 im Steinsalz, Teufe 22,67 m) • Einfluss der ELK auf Durchhiebe ist nicht ableitbar • sondierter östlicher Pfeiler der ELK 7/750 (vergleichbar zum mit der Bohrung D2 sondierten westlichen Pfeiler) zeigt sich tragfähig und überwiegend unbeschädigt
D2 (B 7/750-D2) /54/; /85/; /93/	<p>Ansatzpunkt:</p> <p>Aus dem Abbau 5/750 Na2 in den westlichen Pfeiler zw. ELK 7/750 und ELK 11/750</p> <p>Ausführung:</p> <p>leicht einfallend (Neigung 8°) in südliche Richtung durch die Schichtgrenze Carnallitit/Steinsalz und durch den Abbaufreibereich im Carnallitit zw. Abbau 5/750 Na2 und südl. Richtstrecke n. E., Länge 81,1 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abbildung risslich bekannter Strukturen durch Bohrlochradar möglich • Messung der Gaspermeabilität • $\leq 4,0 \cdot 10^{-19} \text{ m}^2$ → gesamt geringes Permeabilitätsniveau (evtl. beeinflusst von Feuchte in der Bohrung → Gaspermeabilität möglicherweise um zwei bis drei Größenordnungen unterhalb der Permeabilität eines vollständig trockenen Salzgebirges) • höchste Permeabilität im Carnallitit bei 36,25 m Teufe • im Leinsteinsalz (in Teufen ≥ 41 m) ist Permeabilität $\leq 7 \times 10^{-21} \text{ m}^2$ • kein Einfluss des Durchbauungsgrades im Bereich der südl. Richtstrecke n. E. abzuleiten • Messung der minimalen Spannung im Pfeiler zwischen den ELK 7/750 und 11/750 bis zur südlichen Abbaukante der ELK 7/750: • Anstieg der Druckeinspannung von 10,1 MPa (63 m Teufe) auf nahezu 14 MPa (80 m Teufe) → stabiles Tragelement • kein Einfluss der Durchhiebe • ungeschädigtes Steinsalz entsprechend der Permeabilitäten von 10^{-21} bis 10^{-22} m^2 (gering dilatantes Salzgebirge → unter Vorbehalt aufgrund von Feuchtigkeit, mögliche Verringerung der gemessenen Größen)